

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ГІРНИЧО-МЕТАЛУРГІЙНИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
КАФЕДРА ВІДКРИТИХ ГІРНИЧИХ РОБІТ

**СЕМЕНКО РОМАН ВОЛОДИМИРОВИЧ**

**«АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ КАР'ЄРІВ  
ТА ГІРНИЧОТЕХНІЧНИХ ФАКТОРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА  
ЗАДАНИЙ ПАРАМЕТР»**

184 Гірництво  
(ОПП «Відкриті гірничі роботи»)

Випускна робота  
на здобуття рівня вищої освіти «магістр»

Керівник Анатолій ПИЖИК /\_\_\_\_\_ /

Завідувач кафедри Сергій ЖУКОВ /\_\_\_\_\_ /

Кривий Ріг

2024

## ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	3
ВСТУП	5
I. ПРЕДМЕТ, ЗАДАЧІ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ	6
1.1. АНАЛІЗ РОЗВИТКУ МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ КАР'ЄРІВ ЗА ГІРСЬКИМИ МОЖЛИВОСТЯМИ	6
II. АНАЛІЗ РОЗВИТКУ МЕТОДІВ ЕКОНОМІЧНОЇ ОЦІНКИ ВИРОБНИЧОЇ ПОТУЖНОСТІ КАР'ЄРІВ	11
III. АНАЛІЗ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ ТА РЕЗУЛЬТАТІВ РОБОТИ КАР'ЄРІВ ГІРНИЧОЗБАГАЧУВАЛЬНИХ КОМБІНАТІВ КРИВБАСУ	24
IV. ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА МЕТОДИ ЇХ ВИРІШЕННЯ	34
V. ВПЛИВ ГІРНИЧО-ТЕХНІЧНИХ ЧИННИКІВ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ КАР'ЄРУ	38
5.1. ОСНОВНІ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКИ РОЗВИТКУ ГІРНИЧИХ РОБІТ У КАР'ЄРІ	38
5.2. ВПЛИВ ГІРНИЧО-ТЕХНІЧНИХ ФАКТОРІВ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ КАР'ЄРУ ЗА КОРИСНИМИ КОПАЛИНАМИ ПРИ ЗАГЛИБЛЕННІ ПО ПОРОДАХ ЛЕЖАЧОГО БОКУ	41
5.3. ВПЛИВ ГІРНИЧО-ТЕХНІЧНИХ ФАКТОРІВ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ КАР'ЄРУ ПО КОРИСНИМ КОПАЛИНАМ ПРИ ЗАГЛИБЛЕННІ ПО ПОРОДАХ ВИСЯЧОГО БОКУ	47
5.4. ВПЛИВ ГІРНИЧО-ТЕХНІЧНИХ ФАКТОРІВ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ КАР'ЄРУ ЗА КОРИСНИМИ КОПАЛИНАМИ ПРИ ЗАГЛИБЛЕННІ ВСЕРЕДИНІ РУДНОГО ТІЛА	50
ВИСНОВКИ ДО РОБОТИ	55
ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО МОЖЛИВИХ НАПРЯМКІВ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	56
<u>СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ</u> .....	58

## РЕФЕРАТ

Семенко Р.В.. **Аналіз методів визначення продуктивності кар'єрів та гірничотехнічних факторів, що впливають на заданий параметр.** Випускна роб. на здобуття (магістерського) рівня вищої освіти - Кривий Ріг: Криворізький національний університет, 2024. – 59 с.

Продуктивність сучасних залізородних кар'єрів є основним критерієм ефективності роботи підприємства в цілому але існує велика кількість чинників, які з різним ступенем впливають на цей показник. Під час відпрацювання родовища вони виявляються і враховувати їх вияв, визначати їх вплив на режим роботи підприємства - основна задача гірничого інженера-технолога і її актуальність є повсякденною.

Випускна кваліфікаційна робота складається з вступу, 3 розділів, висновків та рекомендацій щодо подальших досліджень, переліку літератури, яка була опрацьована під час дослідження. Загальний об'єм роботи становить 59 сторінки друкованого тексту, зокрема 2 таблиці, 8 рисунків, список літератури – 25 найменування.

**Мета роботи** – аналіз наукових досліджень та практичних рішень спрямованих на визначення факторів які впливають на виробничу продуктивність кар'єрів.

Мету дослідження сформульовано на основі виходячи з завдань дослідження:

1. Поглиблений та ретельний аналіз наукових досліджень і тенденцій по визначенню геолого-гірничого та технологічно-гірничого фактору на виробничу потужність кар'єрів.
2. Аналіз сучасного стану гірничих робіт в кар'єрах та методів підтримки виробничої потужності з урахуванням впливу гірничо-технологічних факторів.

3. Ознайомлення з перспективними напрямками діючих гірничорудних підприємств та заходами спрямованими на підтримку техніко-економічних показників на заданому рівні.

**Об'єктом дослідження** є виробнича діяльність сучасних залізорудних кар'єрів.

**Предметом дослідження** є фактори, що впливають на виробничу діяльність сучасного гірничого підприємства.

**Методи магістерського дослідження** – аналіз, узагальнення та систематизація результатів науково-дослідних робіт, проектних рішень спрямованих на підтримку техніко-економічних показників роботи кар'єрів.

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми магістерського дослідження.

**Основна частина роботи** складається з трьох розділів та присвячена ретельному аналізу результатів наукових досліджень присвячених визначенню ступеню впливу гірничо-технологічних та техніко економічних факторів на виробничу потужність кар'єрів.

У **загальних висновках до роботи** сформульовані основні результати магістерської роботи та коротко дана оцінка проведеним дослідженням.

На основі аналізу науково-практичних джерел з теми дослідження сформульовані пропозиції у вигляді **рекомендацій щодо подальшого розвитку** наукового напрямку планування гірничих робіт кар'єрі.

**Ключові слова:** продуктивність, кар'єр, гірничотехнічні фактори, економічна ефективність.

## ВСТУП

Основна тенденція розвитку гірничого виробництва передбачає утримання досягнутих техніко-економічних показників.

Як і раніше на роботу сучасних кар'єрів, його розподіл має великий вплив на економічні вигоди від розробки родовищ корисних копалин. за роками експлуатації. Тому виробнича потужність кар'єру, що характеризується продуктивністю з корисних копалин і гірничої маси, це один з головних факторів, які серйозно впливає на показники економічної вигоди від кар'єру.

Питанням дослідження оптимальної продуктивності гірничого підприємства з урахуванням гірничотехнічних та гірничо-геологічних факторів приділяли увагу багато провідних дослідників ще з часів радянського союзу. Визначенню методів проектування та аналізу режиму гірничих робіт, приділили значну увагу член-кореспондент АН СРСР В.В. Ржевський, доктор технічних наук А.І. Арсентьєв, доктором технічних наук В.С. Хохряков, академік Н.В. Мельников, професор Л.І. Городецький, М.В. Васильєв, П.Е. Зурков, Є.Ф. Шешко, В.П. Юматова, кандидат технічних наук О.О. Єщенко, А.Е. Розенплентер.

## I. ПРЕДМЕТ, ЗАДАЧІ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Завдання встановлення виробничої потужності кар'єра є найважливішим завданням на стадії його проектування.

При проектуванні кар'єрів довгий час існували визначення методів двома групами продуктивності кар'єрів - за гірськими можливостями та економічною доцільністю.

### 1.1. Аналіз визначення методів продуктивності кар'єрів за гірськими можливостями.

Виявлення гірничих можливостей кар'єрів базується на визначенні надвеликих можливостей інтенсивності розвитку гірничих робіт. Інтенсивність розробки родовищ корисних копалин характеризується швидкістю переміщення робіт по фронту за горизонтальним напрямком та швидкістю заглиблення кар'єру під час його використання.

Визначення результатів прибутковості кар'єру ( $A$ ) залежно від можливої швидкості просування робочий фронт визначається виходячи із загальної довжини рудного фронту ( $L_{\phi}$ ) у робочій зоні кар'єру і мінімального фронту робіт для одного видобувного екскаватора ( $L\delta$ )

$$A = \frac{Q * L_{\phi}}{L\delta}, \quad \text{м}^3/\text{год} \quad (1)$$

де  $Q$  - продуктивність екскаватора, м<sup>3</sup>/год.

Вперше у літературі цей метод був описаний Н.А. Кузнецовим, та потім Б.П. Звягінцевим (16). Довжину рудного фронту вони визначають за кількістю одночасно діючих уступів.

Уточнюється мінімальний обсяг робіт для одного екскаватора за умовами організації видобутку та кар'єрного транспорту. Це питання більш ретельно досліджено Є.Ф. Шешковим.

Кількість одночасно діючих видобувних уступів ( $K$ ) Е.К. Граудін визначив з урахуванням напрямку розвитку гірничих робіт (з сторони висячого або лежачого боку), потужності ( $M$ ) та кута падіння рудного тіла ( $\gamma$ ).

При цьому враховувалася ширина відрізка, на котрій руда залягає не на всю висоту уступу

$$K = \frac{M - h(\operatorname{ctg}\gamma \pm \operatorname{ctg}\alpha)}{B + h(\operatorname{ctg}\alpha \pm \operatorname{ctg}\gamma)} \quad (2)$$

де  $h$ - висота уступу;  $\alpha$  - кут укосу;  $B$  – ширина робочої зони гірського уступу.

Позитивний знак "+" ставиться при напрямку праці від боку лежачого до висячого, негативний знак "-" – з розвитком робіт у зворотньому напрямку.

Зурков П.Е. (18) кількість можливих місць видобутку корисних копалин, тобто горизонтів, що знаходяться в одночасній розробці також будуть враховувати потужність рудного тіла, кут його падіння, ширину робочих майданчиків, висоту та кут укоса уступа. Але він не бере до уваги напрям розвитку гірничих робіт і ширину ділянки, на якому порода залягає не по всій площі висоту уступу. Визначаючи кількість уступів, що розташовані одночасно у використанні при розвитку робіт від висячого до лежачого боку Зурков П.Е. запропонував визначати наступною формулою

$$K = \frac{M}{B + h(\operatorname{ctg}\alpha - \operatorname{ctg}\gamma)} \quad (3)$$

Вперше було запропоновано наукову основу для проектування та планування гірничих робіт Ржевським В.В. (21).

Ржевський В.В. (21) приймає, що при відкритій розробці неглибоких горизонтальних відкладень забезпечується ефективність гірничих робіт що характеризується швидкістю переміщення фронту, швидкість проходки не є обов'язковою.

При роботах на похилих та крутих покладах інтенсивність відпрацьовування запасів визначається швидкістю заглиблення гірських робіт, а посувна швидкість уступів у горизонтальному напрямі є швидкісною

функцією заглиблення. Тому Ржевський має думку, що при плануванні горизонтальних та пологих покладів швидкісне переміщення зони відпрацювання визначає кар'єрну продуктивність вцілому.

Інститут "Центргіпрошахт" також рекомендує визначати продуктивність кар'єру за швидкістю руху робітничої зони при плануванні покладів з пологим та горизонтальним розташуванням «земляних скарбів».

А.В. Скрипка та В.С. Размислов, досліджуючи ефективність кар'єрів, що планують та розробляють горизонтальні та пологі поклади мають думку, що швидкість руху зони очисної виїмки не має бути більше швидкості руху зони робіт уступів, котрі розкриваються. Вони рекомендують при визначенні продуктивності кар'єру орієнтуватися слід на швидкість просування фронту робіт на першому від поверхні розкривному уступі.

Н.Д. Бевз (8) встановив, що ступінь гірських робіт в кар'єрах, над якими працюють автомобільний транспорт на нижніх і транспорт залізничний на горизонтах на ближче до поверхні, вона обмежена швидкістю переміщення робочої поверхні по верхньому горизонту. Горизонти, що обмежуються, характеризуються найважчими умовами відпрацювання та великою висотою уступу.

Взагалі, щоб визначити продуктивність кар'єру за фактором можливого заглиблення гірських робіт необхідні знання запасів корисних копалин, котрі видобуваються, при заглибленні на один уступ ( $P$ ) та швидкість заглиблення кар'єру ( $h_3$ ).

$$A = \frac{P}{h} h_3, \quad \text{м}^3 / \text{год.} \quad (4)$$

В.В. Ржевський визначає продуктивність кар'єру на підставі графіка режиму гірничих робіт. Він вважає, що продуктивність кар'єру за корисними копалинами не повинна бути вищою продуктивність, яка виражена меншою площею корисних копалин на графіку, котрий виражає та висвітлює режим



гірничих робіт, який відповідає річному інтервалу заглиблення робіт з видобутку.

В.В. Ржевський наводить розрахункові формули для розрахунку річного запасу заглиблення гірських робіт. Розглянемо показники швидкості заглиблення гірських робіт та швидкості руху зони випрацювання, аналізуючи робить висновок, що рухова швидкість зони робіт для групи горизонтів знизу не повинна бути меншою за величину, залежною від швидкості заглиблення гірських робіт та кутів укусу бортів кар'єру. Збільшення швидкості просування зони робіт проти необхідної мінімально величини приводить до значного виполажування робочого борту і не може зробити вищою продуктивність кар'єру, за виключенням випадків, коли на верхньому горизонті знаходяться значні запаси гірських корисних копалин.

А.І. Арсентьев (3) також має думку, зазвичай фактором що обмежує ймовірну швидкість заглиблення кар'єру і визначає це для кожного окремого випадку основується на побудові графіків розкривання та підготовки нових горизонтів корисних копалин  $L=f(T)$ .

На основі цих графіків йому дозволило отримати формули для швидкісного визначення зниження гірських робіт, враховуючи суміщення у часі робіт з проходженням та розширенням розрізної траншеї з роботами поруч. Якщо проаналізувати основи взаємозв'язків швидкостей розвитку гірських робіт було встановлено, що у загальному випадку швидкість за рік зниження гірських робіт у кар'єрі не рівняється швидкості зниження видобуткових робіт, може бути різниця досягати від 20 до 50 і більше відсотків. Він наводить формули для переходу від зниження швидкості гірничих робіт до зниження швидкості видобувних робіт і на підставі цього приводить формулу визначення продуктивності за фактором річного зниження гірничих робіт при простій формі рудного тіла. Для визначення продуктивності за будь-якої форми рудного тіла, з рудного тіла, необхідно

заздалегідь визначити кількість видобутої руди при скороченні обсягу гірничих робіт на один уступ.

А.І. Арсентьев вказує, що продуктивність кар'єру, яка визначається тільки за можливою швидкістю зниження гірських робіт, не завжди є максимально досягнутою, так як при цьому не враховується можлива максимальна інтенсивність розвитку гірничих робіт у горизонтальному напрямку. Тому він рекомендує визначати продуктивність кар'єру за гірськими можливостями з урахуванням максимальної інтенсивності розвитку гірничих робіт як у вертикальному, так і в горизонтальному напрямках.

Є. І. Васильєв (12) наводить формули для визначення можливого заглиблення темпу робіт конкретних схем стосовно розробки світи крутопадаючих пластів вугілля. По цих формулах вираховується суміщення з рознесення бортів із траншейною проходкою. Є.П. Васильєв рекомендує темп заглиблення робіт перевіряти на можливість його забезпечення посуванням фронту гірничих робіт.

Інститут "Центргіпрошахт" пропонує продуктивність кар'єру при відпрацюванні круто падаючих родовищах (пластах) визначати за темпом заглиблення гірських робіт.

Фахівцями Криворізького гірничорудного інституту (КГІ), робітниками гірничозбагачувальних комбінатів (ГЗК) та інституту "Кривбаспроект" була розроблена система транспортної розробки з заходками поперечними без розрізних траншей, які забезпечують порівняно з поздовжньою підготовкою горизонтів розрізними траншеями підвищення інтенсивності гірських робіт у 1,5-2 рази.

Потенціал для дослідження можливостей підвищення інтенсивності заглиблення кар'єрів займався Б.К. Оводенко. Їм визначені і розроблені організаційні способи робіт при розширенні розрізних траншей, які сприяють прискореній підготовці і розробці горизонту.

Вченими Криворізького гірничорудного інституту (КГІ) проведена надважка і корисна робота з виявлення можливостей інтенсифікації відпрацювання кар'єрів Криворізьких ГЗКів (4). Виявлені можливості кар'єрів по сирій руді (2). Результати розрахунків наведено в таблиці I. Розрахунки були проведені до 2015 р. і не враховували реконструкції та відновлення для подальшого відпрацювання кар'єрів спрямованої на розширення їх контурів.

## **II. АНАЛІЗ РОЗВИТКУ МЕТОДІВ ЕКОНОМІЧНОЇ ОЦІНКИ ВИРОБНИЧОЇ ПОТУЖНОСТІ КАР'ЄРІВ.**

Досягнута за гірничотехнічними умовами продуктивність кар'єру за корисними копалинами не завжди виявлялося сприятливим з точки зору з економічної ефективності розробки родовища.

При наявності продуктивності слід враховувати й економічні фактори: ефективність та продуктивність праці, вартість продукції, величину капіталовкладень, потребу промисловості в корисних копалинах.

Найпершим про економічне оцінювання діяльності рудників висловився Б.І. Бокій (10). Він радить встановити потужність виробництва рудника розраховувати за оцінкою мінімуму продуктивної собівартості. Шанувальниками такої методики переконані, що в продуктивна собівартість, доводить достатнє відображення нинішні витрати та капіталовкладення у амортизаційному вигляді. А.Д. Шевяков думає (25), що існування деякої певної щорічної продуктивність шахти й інші елементи, мають забезпечувати мінімальні витрати на одиничну продукцію що розробляється і видобувається. Продуктивна собівартість одної тони корисних копалин не буде необмежено зменшуватись з збільшенням шахтної продуктивності, а беручи початок з декотрої величини буде знов збільшуватись .

А.С. Попов як критерій для визначення річного видобутку шахти приймає вимоги досягнення найбільшої продуктивності праці за основними процесами видобутку вугілля, зокрема очисної виїмки.

Дослідження Д.І. Смірнова (9) вони призначені для визначення оптимальності продуктивності рудника, встановленню кількісної залежності витрат капіталовкладень та експлуатаційні витрати залежать від річної шахтної продуктивності.

Великий вклад в розробку методів оцінювання виробничих потужностей рудників висловлював М.І. Агошков (1). У своїх дослідженнях він довів, що підхід до визначення продуктивності за рік копалень з точки зору "нормальних амортизаційних термінів" недоцільний. Багата кількість досліджень щодо робіт під землею дозволили М.І. Агошкову довести, що питомі капітальні витрати ( $K$ ) зменшуються із збільшенням продуктивності шахти ( $A$ ). Визначаючи питому витрату капіталовкладень він запропонував залежність:

$$K = \alpha + \frac{\beta}{A}, \text{ грн / т,} \quad (5)$$

де  $\alpha$  і  $\beta$  - емпіричні коефіцієнти.

Ним встановлено також залежність експлуатаційної витрати ( $e_{\Pi}$ ) на одну тонну руди згідно продуктивності руднику:

$$e_{\Pi} = q^I + \frac{q''}{A}, \text{ грн / т,} \quad (6)$$

де  $q^I$  та  $q''$  - коефіцієнти.

М.І. Агошков вказує, що на вибір продуктивності рудника впливає фактор часу вкладення капітальних витрат та цінність руди. Рудна цінність впливає на вибір видобутку за один рік, особливо визначається при більших термінах коли існував в розробці рудник і показується тим більше, чим сильніше зростає продуктивність праці в виробництві очікується під час роботи даного рудника.

При проектуванні і розробці багатьох рудників інколи дається порада використовувати найменші терміни їх існування для визначення продуктивності за рік.

Література автора П.І. Городецького (14) рекомендує найменші строки існування копалень, рудників які наведені відповідно для підземного та способів відкритої розробки диференційовано залежно від розміру промислового підприємства та глибини кар'єру в цілому при закінченні робіт. Розмір подібних термінів ув'язувалася П.І. Городецьким з бажаними термінами амортизації основних фондів рудника, причому припускалося, що терміни середньої амортизації на великих підприємствах більш великі внаслідок більш капітального характеру споруд.

Дослідження, які були проведені Л.Г. Скрипкою та Ю.С. Размисловим було визначено, що зі зростанням продуктивності кар'єру зменшується собівартість копалин та гірських мас, зростає продуктивність праці.

Н.Г. Капустін (21) вирішував мету і завдання та визначення раціональної продуктивності кар'єру варіантним методом. Продуктивний вибір кар'єру визначається на підставі технічних та економічних аналізів. Раціональною вважається продуктивність кар'єру, що забезпечує мінімальну собівартість корисних копалин, ефективність максимальних капіталовкладень, велику економічність відкритої розробки порівняно з підземною за умови виконання доручених завдань, абсолютно корисного використання гірничої техніки, відповідність технічна парку спецтранспорту, зокрема землерийних та транспортних машин за зоною їхньої роботи.

Н.Г. Капустін розраховує, що при найоптимальнішій продуктивності кар'єру має бути забезпечуватися найбільший вихід продукції до одиниці капітальних витрат, тобто, отже, повинен бути максимальним вираз

$$F = \frac{E}{K} \quad (7)$$

де  $E$  - повнісна вартість видобутих корисних копалин, грн;  $K$  - капітальні витрати на розробку покладів, грн.

Величезну та корисну роботу стосовно кар'єрів з добування вугілля України виконав Г.М. Волков (13). Г.М. Волков зробив висновок про збільшення продуктивності праці зі збільшенням продуктивності кар'єру. Ним

виведено залежності, які свідчать про зменшення питомих вкладень капіталу і собівартості продукції з збільшенням кар'єрної продуктивності.

Т.А. Гатовим була прийнята спроба визначення для одного з кар'єрів величини продуктивності, при котрій показані витрати на 1 т руди будуть найменшими. На підставі аналізу роботи кількох залізрудних кар'єрів йому встановити залежність, за якою можна приблизно встановити рівень видобутку, що відповідає мінімуму наведених витрат:

$$A=1,7+2,8 \sqrt{Q}, \quad (7)$$

де  $Q$  – рудний запас, млн. т.

Зі зростанням продуктивності праці та вдосконалення техніки зменшується собівартість видобутку одиниці продукції та питомі капітальні вкладення.

Ідею обрахування зростання продуктивності обладнання і праці в часі при технічному та економічному аналізі, зокрема для оцінки режиму гірських робіт при багатообіцяючому плануванні, було запропоноване В.В. Ржевським. У звітних даних кар'єрів, котрі були надані кар'єрами вугільної промисловості за півтора десятки років було визначено середній приріст продуктивності екскаватора на 8-12%, середнє приріст продуктивності екскаватора на 1 м<sup>3</sup> ємності ківша на 7-8%.

Потреба врахування зменшення собівартості продукції в часі при визначенні кінцевого заглиблення відкритих гірничих робіт підкреслена у статті Г.В. Секісова та В.А. Шестакова (22). Проаналізувавши роботи підприємств кольорової металургії авторами статті встановлено, що зміна вартості продукції з роками має закономірність, яка відображається у загальному випадку геометричною прогресією. Проаналізувавши технічні, економічні показники праці підприємств кольорової металургії України з продуктивністю за рік до 200 тис. т/рік було визначено щорічне зменшення собівартості видобутку при підземних роботах, яка дорівнює 3,6%, на відкритих роботах приблизно 8%.

Велике значення у розвитку економічних методів оцінювання виробничих потужностей кар'єрів та встановлення впливу величини на показники економічної роботи кар'єра мала наукова праця А.І. Арсентьєва (5). При визначенні продуктивності кар'єру, окрім гірничотехнічних факторів він враховує економічні: планова потреба в корисних копалинах, вплив продуктивності кар'єру на результативність і продуктивність праці, вартість вкладеної продукції, величину капіталовкладень.

А.І. Арсентьєв доведе протилежну залежність питомих капіталовкладень ( $\kappa$ ) та собівартості гірської маси ( $C_2$ ) від продуктивності кар'єру по гірничій масі ( $A$ ). Дослідження, які проводилися дозволили йому зробити висновки та виявити наступні залежності:

$$\text{при } A < 5 \text{ млн. т/рік} \quad \kappa = \frac{3,8}{A\sqrt[3]{A}}, \quad \text{грн / т}, \quad (9)$$

$$C_2 = \frac{0,7}{A\sqrt[3]{A}}, \quad \text{грн / т}, \quad (10)$$

$$\text{при } A > 10 \text{ млн. т/рік} \quad \kappa = 0,7 + \frac{13}{A}, \quad \text{грн / т}, \quad (11)$$

$$C_2 = 0,15 + \frac{2}{A}, \quad \text{грн / т}, \quad (12)$$

де  $A$  - продуктивність кар'єру з гірничої маси, млн.т/рік.

Для встановлення економічно доцільної продуктивності кар'єру А.І. Арсентьєв застосовує метод строку окупності капітальних вкладень з використанням формул складних відсотків (11). Цей метод дозволяє йому отримати мінімальне значення продуктивності кар'єру по гірській масі, що забезпечує заданий термін окупності капітальних вкладень

Проаналізувавши висновки роботи А.І. Арсентьєв має висновок, що в кожному конкретному випадку необхідно приймати продуктивність кар'єра, близьку до значення досяжної продуктивності за гірськими можливостями.

Проаналізувавши зроблену роботу великих залізорудних кар'єрів Казахстану собівартостісна залежність  $1\text{ м}^3$  гірничої маси та капіталовитрати від виробничої потужності приблизно виражається формулами:

$$C_x = C_0 \left( a_1 + a_2 \frac{A_0}{Ax} \right); \quad (13)$$

$$K_x = K_0 \left( B_1 + B_2 \frac{A_0}{Ax} \right); \quad (14)$$

де  $C_0$  та  $K_0$  - собівартість та питомі капіталовкладення при продуктивності кар'єру  $A_0$ ;  $C_x$  і  $K_x$ , те ж, при  $Ax$ ;  $a_1$ ;  $a_2$ ;  $B_1$ ;  $B_2$ - коефіцієнти.

Вплив можливостей кар'єрів на собівартість продукції також описано авторами в зарубіжній літературі.

Проаналізувавши вплив потужності кар'єру на структуру собівартості. На основі проаналізованого визначається найкраща виробнича потенціал кар'єру.

У декотрих статтях звертається особлива увага наголошується на облік витрат на розкривні работ з видобутку корисних копалин.

В.С. Хохряков, проаналізувавши існуючі методи оцінювання варіантів розробки копалень, має думку і доходить до висновку, що метод прибутку є найбільшим і об'єктивно враховує повні, наведені до одного моменту оцінки, капітальні витрати і експлуатаційні та прибутки в динаміці виробництва, що розвивається, за великий період роботи підприємства або дільниці. Приведення різночасних витрат і доходів підприємства до певного моменту оцінки базується на обліку таких двох факторів: технічного прогресу та ефективності державних коштів у державному господарстві.

В.С. Хохряков, провів аналіз методом виявлення факторів, що впливають на оптимальну величину потужності на виробництві і встановив:

1. Величезного впливу на величину зразкової потужності виробництва надає рівень найвигідніших цін на земні ресурси, зокрема корисні копалини.

2. На копальнях з багатими запасами, найбільша за гірничотехнічними факторами продуктивність є найкращою як оптимальна з погляду економічної ефективності.



У родовищах з не дуже великими запасами, коли при роботі з найбільшою можливою продуктивністю термін використання кар'єра менше приблизно 30 років, необхідно розраховувати найоптимальніше значення продуктивності кар'єру.

Передостанньою роботою, присвяченою вибору ефективної продуктивності кар'єрів, була стаття А. Е. Розенплентера (25).

А.Е. Розенплентер теж вважає найоптимальнішою продуктивність, робота, що забезпечує надвеликий прибуток від розробки корисних копалинь.

Оцінюючи вартість видобутих корисних копалин Розенплентер дає пораду користуватися не оптовими цінами, котрі встановила держава для визначеного підприємства чи басейну, родовища, а виразом

$$Ц = c + Ed, \quad (15)$$

де  $Ц$  - вартість копалин у цьому році, грн/т;

$c$  – собівартість копалин, грн/т;

$d$  - питомі капітальні вкладення на 1 т. річної продуктивності, грн;

$E$  - нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень.

При відмові від користування оптовими цінами в оцінюючи вартість видобутих корисних копалин А.Э. Розенплентер доводить, що ціни які є зараз не завжди вказують повні витрати необхідної праці на виробництво продукції, але в той же час ціни дуже впливають на вибір продуктивності кар'єру.

А.Е. Розенплентер має думку, що в Криворізьких ГЗК найліпша потужність виробництва кар'єру по руді виробництво становитиме 48 млн. т/рік. Розенплентер зазначає, що при визначенні найвищої продуктивності не брали до уваги терміни побудови кар'єрів, затрати на його побудівлю, зміну роботи, наприклад, режиму та деякі інші супутні фактори.

В.С. Нікітін, запропонував метод співвідношення ефективності економіки з будівництва гірничодобуваючих комбінатів з різноманітною річною продуктивністю.

Запропонованим методом заздалегідь передбачається вибір оптимального варіанту проводити порівняння здобутих результатів роботи

комбінат , або іншого підприємства більшої продуктивності та капітальної місткості з результатами другого комбінованого варіанту, де до проекту, окрім меншої потужності додається недостатня частина видобутих корисних копалин та декотра частина матеріальних витрат, які були взяті з найбільш прогресивних підприємств з обліком і урахуванням витрат на транспорт з доставки кінцевому споживачу.

Відкритий спосіб розробки копалень (родовищ), що характеризуються багатими обсягами розкривних і видобувних робіт і великими термінами роботи кар'єрів, завдання аргументації оптимальної потужності кар'єру ніяк не може бути вирішене вірно, якщо не враховані режими гірничих робіт.

"Режимом гірничих робіт розуміється порядок зони робіт розкривних та видобувних робіт в межах поля кар'єру, що гарантує планомірну, нешкідливу та ефективну з економічної точки зору розробку родовищ за весь строк існування та роботи кар'єру".

Питання щодо режиму гірничих робіт кар'єру з'явилося у зв'язку з проектуванням та відпрацюванням потужних глибоких кар'єрів з великими коефіцієнтами розкриву.

Календарним розподіленням обсягів розкриву та видобутку в минулому займалися працівники проектних інститутів СРСР Гіпроруду, Ленгіпрошахт, Центргіпрошахт, Гіпроцвітмет та ін. Ними був виконаний цілий ряд цікавих робіт, але більшість з них не були опубліковані. У роботах цих інститутів вказувалося на можливість і доцільність зміни та вирівнювання експлуатаційного коефіцієнту розкриву. Узгодження обсягів розкриву та видобутку в процесі експлуатації кар'єру рекомендувалося здійснювати зміною порядку ведення гірничих робіт.

До перших друкованих праць, присвячених даному питанню, можна віднести статтю П.Е. Зуркова (19), де він зазначає, що в умовах відкритої розробки похилих і крутопадаючих покладів планування гірничих робіт на основі середнього коефіцієнта розкриву не забезпечує збереження стійкого рівня видобувних робіт. Як основний показник при плануванні гірничих робіт

він рекомендує використовувати середньо експлуатаційний коефіцієнт розкриву

$$\lambda = \frac{V_e}{P_e}, \quad \text{м}^3/\text{м}^3, \quad (16)$$

де  $V_e$  - експлуатаційний обсяг розкривних порід у кар'єрі,  $\text{м}^3$ ;

$P_e$  - експлуатаційний запас руди,  $\text{м}^3$ .

В іноземній літературі немає узагальнюючих робіт у цьому напрямі, є лише кілька статей описового характеру. Автори торкаються питання нерівномірності розподілу обсягів розкривних робіт, вплив її на параметри кар'єра та прибуток, отриманий підприємцями. Вирівнювання обсягів порід розкриву у процесі експлуатації пропонується проводити графічним шляхом. Вказується на можливість регулювання режиму гірничих робіт за допомогою зміни гірничо-технічних параметрів кар'єру: кута укосу робочого борту кар'єру; параметрів робочих майданчиків тощо. В.В. Ржевський наголошує, що потужність з виробництва кар'єру та технічні і економічні наслідки його роботи визначають гуртовими обсягами видобувально-розкривними роботами, отже потужність кар'єру повинна врахувано з плануванням режиму видобутку корисних копалин. Він розглядає відкриті горні роботи в їх динаміці, завдяки чому стало можливим детально аналізувати весь процес відпрацювання родовища та визначати найвигідніший режим гірничих робіт. Досліджуючи режим гірничих робіт В.В. Ржевський провів з використанням методу геометричного аналізу промислової зони кар'єру. За такої умови, використовуючи метод виміру обсягів модифікується виміром відрізків на схемі або кресленні. Зважаючи на це можна при невеликих матеріальних витратах праці та часу аналізуючи багату кількість всеможливих варіантів роботи кар'єру. Змінюючи обсяги у процесі при роботі на кар'єрі В.В. Ржевський надає як вигляд функції, яка є безперервною. Ув'язування даних обсягів із можливою ступінню розвитку гірських робіт дає дозвіл йому наочно показати змінити обсяги гірничої маси та коефіцієнтів розкриву по рокам роботи кар'єру.

Особливу увагу в роботах В.В. Ржевського приділено питанню економічного обґрунтування режиму гірничих робіт. Автор зазначає, що проблема календарного розподілу обсягів гірничих робіт має бути підпорядкована умові максимальної економії коштів. У цьому напрямі ним розглянуто питання, пов'язані з собівартістю продукції, ефективністю капітальних витрат, продуктивністю обладнання, капіталомісткістю розкривних робіт, вартісними витратами на транспорт та водовідлив. Проведені дослідження дозволили В.В. Ржевському зробити висновок про необхідність нівелювання поточних розкривних коефіцієнтів згідно етапам роботи та відпрацювання кар'єру. Він рекомендує при недовгих термінах існування кар'єру, що відповідає терміну амортизації основного обладнання та споруд, приблизно з 8 і до 12 років, дорівнюватися рівномірного режиму гірських робіт; при довготривалому існування кар'єру, коли основне обладнання та частина амортизації споруд протягом більше двох циклів, слід усереднювати коефіцієнт розкриття в кілька ступенів з тривалістю не менше 8-12 років кожна. Регулювання режиму гірничих робіт він рекомендує проводити зміною схеми розкриття та системи розробки.

Дослідження, проведені С.А.Дранніковим (15), підтверджують вірність висновків В.В. Ржевського про необхідність усереднення поточних коефіцієнтів розкриття та доцільності планування режиму гірничих робіт. С.А. Дранніков досліджував можливість регулювання режиму гірничих робіт зміною гірничотехнічних параметрів кар'єру (кутів укосу робочого борту та бортів погашення, ширини дна кар'єру) та напрями розвитку гірничих робіт.

Велике значення для вдосконалення методів планування гірничих робіт та економічного обґрунтування вибору їх режиму мають наукові роботи доктора технічних наук А.І. Арсентьєва (5). Аналіз режиму гірничих робіт він здійснює виходячи з аналізу графіків зміни наростаючих обсягів порожніх порід залежно від наростаючих обсягів корисного копалин  $V = f(P)$ .

Ці графіки, побудовані для двох крайніх випадків роботи кар'єру (при  $\varphi=0$  та  $\varphi = \varphi_{max}$ ), виявляють область можливого перерозподілу обсягів розкриву та видобутку.

Робота з постійними експлуатаційними коефіцієнтами розкриву на графіку характеризується прямою лінією, що проходить в області можливого перерозподілу обсягів розкриву та видобутку.

А.І.Арсентьев досліджував різноманітні методи визначення експлуатаційного коефіцієнту розкриву за допомогою: поперечних розрізів по родовищу; погоризонтних планів; середньозваженого поперечного розрізу по родовищу; моделювання гірничих робіт, аналітичних розрахунків.

На особливу увагу заслуговує метод визначення експлуатаційного коефіцієнта розкриву за допомогою погоризонтних планів. Цей метод придатний для родовищ будь-якої форми і при будь-яких варіантах розкриву і підготовки горизонтів, йому властива висока точність і надійність отриманих результатів.

Графік  $V=f(P)$  забезпечує можливість правильного рішення відносно встановлення величини усереднених коефіцієнтів розкриву і поділення періоду роботи кар'єра на окремі етапи.

А.І. Арсентьев зазначає, що тривалість етапів у багатьох випадках виходить об'єктивно в залежності від умов залягання родовища і не може змінюватися в широких межах.

А.І. Арсентьев встановив характер впливу кута падіння та форми рудного тіла, потужності покривних порід, рельєфу місцевості, способу розкриву, ширини робочого майданчика та висоти уступу на розподіл обсягів руди та порід розкриву у процесі відпрацювання кар'єру.

А.І. Арсентьев розробив методику календарного планування гірничих робіт, що дозволяє з великим ступенем точності визначити терміни будівництва та освоєння проектної продуктивності кар'єру, потреби в гірничотранспортному обладнанні в різні роки експлуатації кар'єру.

Академік Н.В. Мельников рекомендує розробку родовища корисних копалин, розрахованого на великий термін експлуатації, проводити поетапно. Для цього на кожні 10-15 років проектувати проміжний контур кар'єру.

Наукове обґрунтування доцільності поділу терміну будівництва та експлуатації кар'єру на черги отримало відображення в роботах В.С. Хохрякова (24). Після аналізу більш двадцятирічного періоду роботи переважної більшості великих кар'єрів України, В.С. Хохряков дійшов висновку, що внаслідок технічного прогресу капіталовкладення на будівництво кар'єру зменшуються на рік на від 4 до 6%, а собівартість виїмки гірничої маси - на 4%. Роблячи висновки зробленого ним методу розв'язання різних гірничих і економічних задач з врахуванням чинника часу.

Проведені дослідження дозволили В.С. Хохрякову зробити висновок, що ознакою раціонального режиму гірничих робіт є послідовне зростання мінімальних для кожного періоду поточних коефіцієнтів розкриву. Продуктивність кар'єру з видобутку корисних копалин має бути, як правило, безперервно зростаючою або ступенями.

Деякі роботи Б.П. Юматова та Ж.В.Буніна також присвячені питанням поділу кар'єру на етапи розробки з метою забезпечення мінімальних витрат за весь період експлуатації.

Дослідження В.Г. Шитарьова присвячені вибору раціонального режиму гірничих робіт та потужності кар'єра «ВВС» або «Великий ведмежий струмок». В.Г. Шитарьов розробив графоаналітичний метод встановлення тривалості етапів розробки кар'єру. Він розглядає також питання планування гірничих робіт на ділянках кар'єру з вузькими робочими майданчиками, пропонує суміщений графік ведення гірничих робіт на вищележачих горизонтах.

Н.Д. Золотарьов (17) розглядає питання календарного розподілу обсягів розкриву та видобутку. Графік – «кар'єрна модель», яку він запропонував, характеризує наростаючі обсяги видобутку корисних копалин і розкриву в міру посування фронту робіт і дозволяє швидко визначити будівельні та річні

обсяги експлуатаційного розкриву за розглянутим варіантом розробок. Наводить можливість користування графіками-моделями при виборі раціональних систем розробки та їх параметрів, а також при поточному та перспективному плануванні гірничих робіт кар'єрів.

С. В. Пак вирішує питання режиму гірничих робіт кар'єрів обмеженої протяжності. Їх автор пропонує аналітичні залежності, які дозволяють робити укрупнені розрахунки щодо визначення обсягів гірничої маси.

А.Ф. Ткачов і П.Т. Церенщikov при оцінці рівномірного та нерівномірного режиму розкривних робіт враховують різночасність витрат та економічну ефективність капітальних вкладень і приходять до висновку про доцільність усереднення обсягів розкриву за роками експлуатації кар'єру.

Останнім часом велика увага приділяється застосуванню електронних обчислювальних машин під час вирішення різних гірничо-економічних завдань.

На доцільність використання ЕОМ у практиці проектування неодноразово вказував ще В.В. Ржевський.

За допомогою ЕОМ вирішуються задачі підрахунку обсягів гірничих робіт; виявляється характер впливу на режим гірничих робіт способу розкриву, ширини робочого майданчика та дна траншеї; досліджується вплив ширини робочого майданчика та висоти уступу на собівартість виробництва гірничих робіт та інше.

Застосування обчислювальних машин для геометричного аналізу кар'єрних полів не тільки дозволяє розглянути велику кількість варіантів розвитку гірських робіт, а й вибрати оптимальний.

### **III. АНАЛІЗ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ ТА РЕЗУЛЬТАТІВ РОБОТИ КАР'ЄРІВ ГІРНИЧОЗБАГАЧУВАЛЬНИХ КОМБІНАТІВ КРИВБАСУ**

Збільшення видобутку багатих руд підземним способом обмежується як їх запасами так і глибиною розробки. Тому для задоволення зростаючої потреби чорної металургії у сировині були побудовані та введені в дію гірничо-збагачувальні комбінати з видобутку відкритим способом та збагаченню залізистих кварцитів.

Кар'єри гірничо-збагачувальних комбінатів розробляють родовища залізистих кварцитів із вмістом заліза 33-38%.

Кар'єр Південного гірничо-збагачувального комбінату (Південний ГЗК) був зданий в експлуатацію наприкінці 1955 року. Будівництво кар'єру було запроєктовано у дві черги на продуктивність 9 млн. т на рік кожна. Потім послідовно було передбачено збільшення продуктивності до 20,5 та 24,0 млн. т на рік. В подальшому було наразі складено проект на реконструкцію кар'єру



Південного ГЗК. Його потужність було вирішено довести до 32 млн. т на рік по сирій руді.

Кар'єр Ново-Криворізького гірничо-збагачувального комбінату (НКГЗК) був зданий в експлуатацію у листопаді 1959 року.

Початковий проект був складений на продуктивність 9,09 млн. т на рік. Наразі проектом реконструкції кар'єру передбачається збільшення його потужності за рудою до 14 млн. т на рік.

Будівництво кар'єр Центрального гірничо-збагачувального комбінату (ЦГЗК) було розпочато у квітні 1957 року. Перша черга кар'єру здана в експлуатацію у березні 1961 року. Спочатку кар'єр був запроектований на видобуток шести млн./т магнетитових та дев'ять млн./т окислених роговиків на рік. Потім, із введенням наступної, тобто другої черги комбінату, передбачалося збільшити потужність кар'єру по магнетитовим роговикам до 9 млн. т на рік.

Насамперед передбачалася переробка окислених роговиків, у зв'язку з цим кар'єр будувався з розрахунком запровадження потужності по окисленим роговикам. Однак будівництво комплексу зі збагачення окислених руд було затримано. Було прийнято рішення розробляти насамперед магнетитові руди.

Коротка історія кар'єрів Північного гірничо-збагачувального комбінату (ПівнГЗК) наступна.

У 1956 році запроектовано будівництво Першотравневого кар'єру потужністю 9,4 млн. т на рік неокислених та 3,1 млн. т окислених роговиків. В 1959 році інститутом "Южгіпроруд" було видано завдання на розширення ПівнГЗК на базі комплексної розробки Ганнівського та Першотравневого родовищ залізистих роговиків. Загальна продуктивність сирової руди передбачалася в 25-30 млн. т на рік. Потім проектне завдання було скориговано. Продуктивність Першотравневого кар'єру передбачалося збільшити до 17 млн. т на рік. В подальшому передбачалось збільшити потужності Першотравневого кар'єру ПівнГЗК до 27 млн. т на рік по сирій руді.

Будівництво кар'єру Інгулецького гірничо-збагачувального комбінату (ІнГЗК) було розпочато у лютому 1961 року і закінчено 1965 р. Початкова проектна продуктивність кар'єру - 18 млн. т на рік з сирої руди. Але проект відбулася коригування потужністю до 32 млн. т на рік з сирої руди.

Вищевикладене свідчить, що рішення проектних організацій неодноразово змінювалися у бік збільшення потужності з сирої руди для усіх без винятку кар'єрів Криворізьких ГЗК.

Проведеними дослідженнями (4.6) криворізькі вчені довели можливість збільшення потужності кар'єрів з сирої руди навіть без зміни їх проектних контурів. І практика підтвердила це.

Історичні результати роботи кар'єрів, наведені в таблиці 1, а їх аналіз свідчить про значне перевиконання проектних завдань з видобутку сирої руди більшістю кар'єрів. Так, наприклад, кар'єром Південний ГЗК у 1964 році було добуто 25,1 млн. т. замість запроектованих 20,5 млн. т; кар'єром НКГЗК – 10,41 млн. т замість 9,09 млн. т; кар'єром ЦГЗК - 11,99 млн. т замість 9 млн. т; Першотравневим кар'єром ПівнГЗК - 11,98 млн. т неокислених роговиків замість 9,4 млн. т.

Невиконання деякими кар'єрами в окремі роки проектних завдань пояснюється рядом суб'єктивних причин: затримкою будівництва збагачувальних комплексів, зривом строків поставки гірничо-транспортного обладнання та ін.

Криворізькими вченими було доведено також можливість зменшення, порівняно з проектними, коефіцієнтів розкриву у перші періоди експлуатації кар'єрів, що значно підвищить економічну ефективність їх роботи.

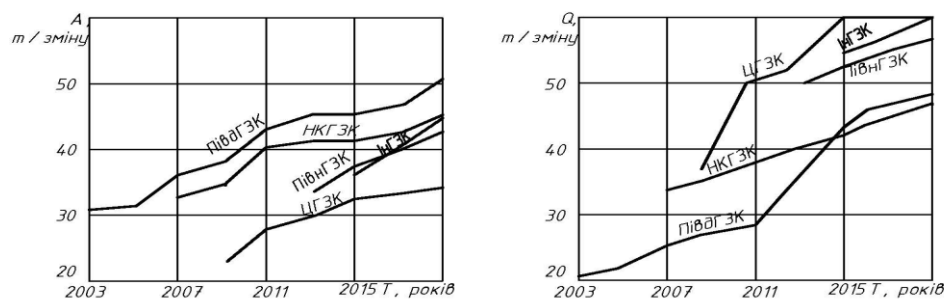
Зміну коефіцієнтів розкриву рекомендувалось досягати на підставі вибору раціонального напрямку розвитку гірничих робіт у кар'єрі.

Однак, у деяких випадках обраний порядок розвитку гірничих робіт у кар'єрі обмежувався можливістю отримання рекомендованої продуктивності по руді. Так наприклад, порядок розвитку гірничих робіт на кар'єрі НКГЗК теоретично повинен був здійснюватися протягом 1958-1966 рр.. з коефіцієнтом

розкриття  $0,77 \text{ м}^3/\text{т}$  (див. табл. 1). Однак календарний план, складений з розрахунку досягнення рекомендованої продуктивності по руді, був реальним лише при роботі з коефіцієнтами розкриття (відповідно рокам)  $1,55 \text{ м}^3/\text{т}$ ,  $1,19 \text{ м}^3/\text{т}$ ,  $0,78 \text{ м}^3/\text{т}$ , тобто. при порядку розвитку гірничих робіт, відмінному від обраного.

У табл. 2 наведено показники історичного минулого роботи кар'єрів Криворізьких ГЗК, що характеризують зміну продуктивності праці, собівартості видобутку та розкриття в динаміці виробництва, що розвивається.

Графіки, побудовані по матеріалам таблиці 2, свідчать, що у всіх без винятку кар'єрах Криворізьких ГЗК на той час спостерігалось значне підвищення продуктивність праці (мал.1).



мал. 1 Зміна продуктивності праці на кар'єрах:  
а - по руді  
б - по гірничій масі

Якоїсь стійкої закономірності у зміні собівартості видобутку руди та виймки гірничої маси за кар'єрами не спостерігалось (табл.2). Лише на кар'єрі Південного ГЗК спостерігалось постійне зниження собівартості видобутку руди.

Значне коливання собівартості в основному пояснювалось різкою зміною гірничо-геологічними умовами з глибиною робіт, затягуванням термінів освоєння нової техніки і технології, суворими кліматичними умовами в окремі роки.

Перспективним планом видобутку сирової руди та зростання продуктивності праці на ГЗК Кривбасу на 1960-1970 р. р. передбачалось у 1970 році обсяг видобутку довести до 108 млн. т; продуктивність праці

робітника до 54 т в зміну або до 200% порівняно з 1960 р. Собівартість добутої сирової руди зменшити до 0,55 руб/т порівняно з 0,60 грн/т у 1960 р.

Таблиця 1

Об'єми гірничих робіт по рокам експлуатації кар'єрів Криворізьких ГЗК у період 1960 – 1962 р.р.(руда, тис.тон; розкрив, тис.м3)

№	Кар'єри	Найменування показників	Роки експлуатації											
			1958			1959			1960			1961		
			про-ект	факт.	по дослід.	про-ект	факт.	по дослід.	про-ект	факт.	по дослід.	про-ект	факт.	по дослід.
1	ПівдГЗК	Руда	9000	9366	-	9000	9945	-	9000	1137 2	-	1800 0	1888 7	17800
		Вскриша	-	2750	-	-	3028	-	-	3177	-	-	3999	4900
		Коефіцієнт вскриші, м3/т	-	0,294	-	-	0,304	-	-	0,279	-	-	0,212	0,275
2	НКГЗК	Руда	-	-	-	-	945	-	-	8313	5000	9000	9428	6400
		Вскриша	-	-	-	-	-	-	-	5199	3885	-	6079	4921
		Коефіцієнт вскриші, м3/т	-	-	-	-	-	-	-	0,625	0,777	-	0,645	0,769



## Продовження таблиці 2

№	Роки експлуатації														
	1962			1963			1964			1965			1966		
	про-ект	факт.	по дослід.	про-ект	факт.	по дослід.	про-ект	факт.	по дослід.	про-ект	факт.	по дослід.	про-ект	факт.	по дослід.
1	18000	21982	18500	18000	24139	18000	20500	25097	17600	20500	24673	18400	24000	24767	18500
	-	5405	5630	-	7765	6610	-	9006	7110	-	10593	5670	-	10272	3910
	-	0,246	0,303	-	0,322	0,367	-	0,359	0,404	-	0,429	0,308	-	0,415	0,211
2		10143	-	-	10411	10790	-	10414	12200	-	10531	12350	-	10736	124000
	-	6342	6941	-	6181	2144	-	5944	2439	-	5549	2466	-	5928	2479
	-	0,625	0,771	-	0,594	0,200	-	0,571	0,200	-	0,527	0,200	-	0,552	0,200
3	2500	8409	5000	4000	9660	8600	6000	11991	9000	6000	11703	9000	6000	14113	9000
	-	14581	14900	-	14561	14770	-	14667	8970	-	13336	8970	-	12864	8970
	-	1734	2980	-	1462	1718	-	1223	0,997	-	1140	0,997	-	0,917	0,997
4	-	-	-	8500	5541	8500	10200	11977	10200	13500	14551	13500	13500	16006	13500
	-	-	-	-	3060	23000	-	9181	8400	-	9071	8600	-	6743	8600
	-	-	-	-	0,552	2706	-	0,776	0,824	-	0,623	0,637	-	0,496	0,637

5	-	-	-	-	-	-	12900	2320	41000	18000	1447	41000	18000	17032	41000
	-	-	-	-	-	-	-	1046	10113	-	5015	10113	-	7969	10113



Таблиця 2

Динаміка зміни собівартості видобувних, вскришних робіт та продуктивності праці на кар'єрах Криворізьких ГЗК

Кар'єри	Найменування показників	Роки експлуатації								
		1958	1959	2008	1961	1962	1963	1964	1965	1966
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ПівдГЗК	Продуктивність працюючого по руді, т/зміна	30,6	31,5	36,0	38,0	43,2	45,5	45,8	47,6	51,2
	Продуктивність по гірничій масі, т/зміна	52,0	55,0	63,0	68,0	71,0	84,5	107	117	122
	Собівартість видобутку руди, руб/т	0,65	0,66	0,59	0,60	0,55	0,55	0,54	0,51	0,52
	Собівартість вскриші, руб/т	0,89	0,77	0,80	0,92	0,8	0,73	0,73	0,75	0,76
НКГЗК	Продуктивність працюючого по руді, т/зміна	-	-	33,0	35,0	41,0	42,0	41,8	43,0	45,9
	Продуктивність по гірничій масі, т/зміна	-	-	85,0	89,0	96,0	101,0	106,0	113,0	119,0
	Собівартість видобутку руди, руб/т	-	-	0,72	0,82	0,77	0,91	0,91	0,78	0,71
	Собівартість вскриші, руб/т	-	-	0,79	0,69	0,68	0,98	1,06	1,15	1,11

ЦГЗК	Продуктивність працюючого по руді, т/зміна	-	-	-	23,0	28,8	30,0	33,0	33,8	34,7
	Продуктивність по гірничій масі, т/зміна	-	-	-	94,0	128,0	135,0	150,0	150,0	151,2
	Собівартість видобутку руди, руб/т	-	-	-	1,43	0,89	1,0	1,00	0,98	0,96
	Собівартість вскриші, руб/т				1,10	0,93	1,04	0,94	0,95	1,03
ПівнГЗК	Продуктивність працюючого по руді, т/зміна	-	-	-	-	-	34,0	38,0	40,5	43,2
ПівнГЗК	Продуктивність по гірничій масі, т/зміна	-	-	-	-	-	125,4	133,0	139,8	145,2
	Собівартість видобутку руди, руб/т	-	-	-	-	-	0,88	0,98	0,91	0,80
	Собівартість вскриші, грн/т	-	-	-	-	-	0,83	0,75	0,76	0,86
ІнГЗК	Продуктивність працюючого по руді, т/зміна	-	-	-	-	-	-	37,0	41,0	45,4
	Продуктивність по гірничій масі, т/зміна	-	-	-	-	-	-	139,8	147,0	151,7
	Собівартість видобутку руди, руб/т	-	-	-	-	-	-	0,72	6,62	0,61
	Собівартість вскриші, грн/т	-	-	-	-	-	-	0,66	0,88	0,73

#### IV. ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА МЕТОДИ ЇХ ВИРІШЕННЯ

Вирішуючи питання встановлення найкращої виробничої потужності кар'єру не можна буде обійтися без знання його гірничих та технічних можливостей з видобутку корисних копалин.

Приведений огляд джерел з літератури з питання визначення продуктивності кар'єру за гірничими можливостями вказує, що багато авторів дійшли до однієї думки - продуктивність кар'єру має в пряму залежність від ступіні розвитку гірських робіт, котра характеризує швидкість переміщення зони робіт у горизонтальному напрямку та швидкістю заглиблення кар'єру в процесі його вироботки. Багато уваги пов'язано з цим та приділяється питанням підвищеної інтенсивності розроблення уступів в горизонтальному напрямку та швидкості заглиблення кар'єру. Чинники у зв'язку з якими, визначається кожен з показників інтенсивності розвитку гірських робіт, встановлення характеру їхньої впливу на вищевказані показники. Результативність кар'єру за корисними копалинами та розкриву вираховується враховуючи показники інтенсивності та обсягів гірничих робіт, вироблених у процесі виробітку кар'єру.

Є багато факторів ( кут укосу робочого борту, місце закладення траншеї, напрямок заглиблення та інші ), котрі впливають, як на показники інтенсивності розвитку гірських робіт, як і на величину і співвідношення обсягів руди і розкриву, що видобуваються в процесі відпрацювання кар'єру.

Рекомендації щодо врахування сукупного впливу цих факторів на продуктивність кар'єру, а не на складові які майже нульові або відсутні. Одним з найважливіших питань є дослідження встановлення впливу гірничих і технічних факторів на продуктивність кар'єру.

Залежність показників економічної роботи кар'єру ( продуктивності праці, собівартості продукції, питомих капітальних вкладень та інше) від величини робочої потужності вказують на про доцільність збільшення

потужності підприємства. Зокрема у робітничому ряді робіт висвітлюється, що оптимальна продуктивність кар'єру за величиною іноді менше досяжної.

По встановленню оптимальної виробничої потужності кар'єра надані лише загальні рекомендації. Дані автори визначають та розробляють робочу потужність або для обраного ними порядку розвитку гірських робіт, або взагалі їх не враховують. На цих прикладах варіантів формування зони роботи кар'єру відповідатиме окрім найбільш раціональна продуктивність.

Якщо досяжна за гірничо-технічними умовами потужність кар'єра є оптимальною, то вибір порядку розвитку гірських робіт за критерієм мінімуму поточного коефіцієнта розкриття може обмежити її досягнення.

Крім того в кар'єрах, що розробляють родовища корисних копалини різної якості, вибір оптимального варіанту та розвитку гірничих робіт за коефіцієнтами розкриття неможливий, тому що цей критерій не враховує якості руд та різної їхньої цінності. Тому основною метою роботи є розробка методів визначення оптимальної з економічної точки зору виробничої потужності кар'єрів, що розробляють родовища корисних копалин постійної якості та з різними сортами руд.

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати ряд питань :

1. Дослідження впливу виробничої потужності кар'єру на економічні показники розробки родовища.
2. З пошуком можливостей підвищення економічної ефективності розробки копалин з різними сортами руд.
3. Пошук можливостей підвищення економічної ефективності розробки родовищ корисних копалин постійної якості.

Дослідження впливу гірничо-технічних факторів на продуктивність кар'єру за корисними копалинами, у більшості випадків, проводилося з опрацюванням аналітичного методу. Примінення даного методу дозволяє визначити характер впливу кута укосу робочого борту кар'єру, напрямку заглиблення, кута падіння рудного тіла, глибини гірських робіт, місця закладання розкривної траншеї, швидкості відпрацювання уступів у

горизонтальному напрямку, потужності рудного тіла, потужності налягаючих порід, на продуктивність кар'єру за корисними копалинами.

Методом техніко-економічного аналізу з використанням аналітичних залежностей встановлено характер взаємозв'язків продуктивності кар'єру за корисними копалинами з величиною капітальних витрат на будівництво кар'єру та розширення його потужності по гірській масі, з величиною гірничо-капітальних витрат та експлуатаційних витрат. Виявлено вплив величини кута укусу робочого борту та напряму заглиблення кар'єру на прибуток від розробки родовища.

Вплив собівартості видобутку гірничої маси, питомих капітальних вкладень, оптової ціни на продукції та тривалості етапів розробки на вибір раціонального режиму добувних робіт також у більшості було досліджувалось з використання цього методу.

Зазначений метод успішно може застосовуватися для орієнтовних розрахунків щодо визначення оптимальної продуктивності кар'єрів, що розробляють крутопадаючі родовища правильної форми. Крім того, він дозволяє встановити функціональні залежності між окремими параметрами кар'єру і виявити характер їх впливу на технічні і економічні показники розробки корисних копалин.

Для оцінки прибутку з точки зору економіки способ розроблення родовища корисних копалин дослідники в основному використовували критерій наведеного прибутку (20). Даний принцип дозволяє врахувати різночасність витрат, які були вироблені підприємством, і всіх фінансових благ, які отримуються в результаті експлуатації родовища. Потрібні різночасні витрати та доходи призводять до одного моменту оцінки. Приведення до одного моменту оцінки обґрунтовується на обліку факторів : прогресу техніки та ефективності державних коштів.

За допомогою графічного методу визначені оптимальні порядки розвитку гірничих робіт кар'єра "Центральний", що розробляє корисні

копалини різної якості, та Першотравневого кар'єру ПівдГЗК, який розробляє корисні копалини постійної якості.

Техніко-економічне порівняння можливих варіантів інтенсивності відпрацювання кар'єру при вибраному порядку формування його робочої зони дозволяє вибрати найбільш раціональний. Досліджена кількість варіантів дозволяє з достатнім ступенем точності встановити оптимальну інтенсивність розвитку гірничих робіт у кар'єрах .

Оптимальні інтенсивності відпрацювання кар'єрів та порядок формування їхньої робочої зони визначають оптимальні виробничі потужності кар'єрів.

## V. ВПЛИВ ГІРНИЧО-ТЕХНІЧНИХ ЧИННИКІВ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ КАР'ЄРУ

### 5.1. Основні взаємозв'язки розвитку гірничих робіт у кар'єрі

При проектуванні особлива увага приділяється встановленню продуктивності кар'єру за корисними копалинами.

У загальному випадку продуктивність кар'єру за корисними копалинами ( $A_T$ ) за певний період часу ( $\Delta T$ ) можна характеризувати виразом

$$A_T = \frac{\Delta P}{\Delta T}, \text{ м}^3/\text{рік}, \quad (17)$$

де  $\Delta P$  - обсяг корисних копалин, видобутого в кар'єрі за  $\Delta T$  років,  $\text{м}^3$

Тоді

$$\lim_{n \rightarrow 0} \frac{\Delta P}{\Delta T}, \text{ м}^3/\text{рік}, \quad (18)$$

буде характеризувати можливу продуктивність кар'єру ( $A$ ) в даний момент часу. Так як

$$\Delta T = \frac{\Delta H}{h_r}, \text{ років}, \quad (19)$$

то

$$A = \lim_{H \rightarrow 0} \frac{\Delta P h_r}{\Delta H}, \text{ м}^3/\text{рік} \quad (20)$$

де

$h_r$  - швидкість зниження гірничих робіт;  $\text{м}/\text{рік}$ ;

$\Delta H$  - зниження гірничих робіт під час  $\Delta T$ ,  $\text{м}$ .

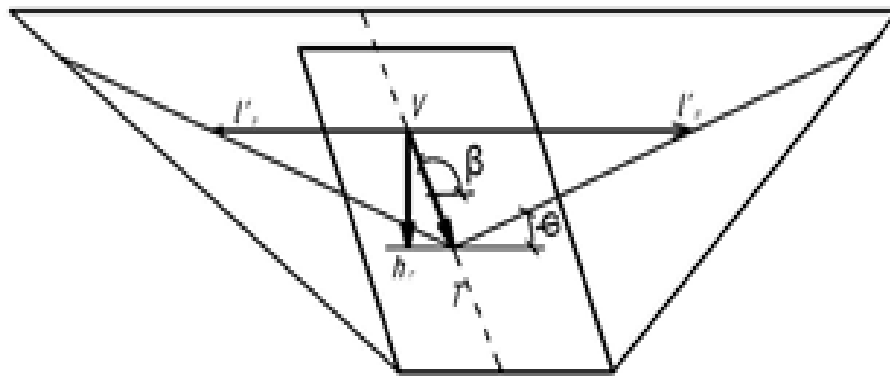
За певних гірничо-геологічних умов, прийнятої організації екскаваторних робіт і незмінному напрямку заглиблення вважаємо швидкість

зниження гірничих робіт величиною постійною. Тоді можливу продуктивність кар'єру на глибині гірських робіт  $H$  можна характеризувати виразом

$$A = h_r \frac{dP}{dH}, \text{ м}^3/\text{год} \quad (21)$$

Для визначення швидкості заглиблення кар'єру та закономірності зміни обсягу корисних копалин ( $P$ ) зі зміною глибини гірських робіт були розглянуті основні взаємозв'язки при розвитку гірничих робіт у кар'єрі.

На мал. 2 представлений поперечний розріз кар'єру, що розробляє крутопадаюче родовище найпростішої форми в умовах рівнинної місцевості. Розкриття родовища здійснено тупиковими тимчасовими з'їздами.



мал. 2 Схема взаємозв'язку швидкості розвитку гірничих робіт

Припустимо, що в процесі відпрацювання кар'єру гірничі роботи розвиваються в напрямку  $VT$  зі швидкістю зниження по вертикалі  $h_r$ .

Щоб забезпечити необхідну швидкість заглиблення кар'єру при постійному значенні кута укосу робочого борту, необхідно гірничі роботи розвивати в горизонтальному напрямку в обидві сторони від точки  $V$  зі швидкістю  $l_p^1$  та  $l_p^2$ . Якщо кут укосу робочого борту дорівнює  $\phi$ , то швидкість



зниження гірничих робіт і швидкість відпрацювання уступів у горизонтальному напрямку перебувають у геометричному взаємозв'язку (8)

$$h_r'' = \frac{\ell_{\text{г}}}{ctg\varphi + ctg\beta}; \quad (22)$$

$$h_r^1 = \frac{\ell_{\text{г}}^1}{ctg\varphi - ctg\beta}; \quad (23)$$

де  $\ell_{\text{г}}^1$  - горизонтальна швидкість просування робочих уступів у породах лежачого боку, м/рік;

$\ell_{\text{г}}''$  - те саме, у породах висячого боку;

$\beta$  - кут, під яким ведеться глибина кар'єру, град.

Так як кут  $\beta$  може змінюватися в межах 20-160°, то  $ctg\beta$  може набувати як позитивного, так і негативного значення.

Зазвичай кут укосу робочого борту  $\varphi$  сучасних кар'єрах має значення від 5° до 20°.

Припустимо, що  $\ell_{\text{г}}^1$  і  $\ell_{\text{г}}''$  дорівнюють максимальній швидкості відпрацювання уступів у горизонтальному напрямі, тобто  $\ell_{\text{г}}^1 = \ell_{\text{г}}'' = \ell_{\text{г}}$  тоді вирази (22) і (23) будуть мати вигляд

$$h_r'' = \frac{\ell_{\text{г}}}{ctg\varphi + ctg\beta}; \quad (24)$$

$$h_r^1 = \frac{\ell_{\text{г}}}{ctg\varphi - ctg\beta}; \quad (25)$$

Виходить, що при  $\beta < 90^\circ$

$$\frac{\ell_{\text{г}}}{ctg\varphi + ctg\beta} > \frac{\ell_{\text{г}}}{ctg\varphi - ctg\beta}, \quad (26)$$

при  $\beta < 90^\circ$

$$\frac{\ell_{\text{г}}}{ctg\varphi + ctg\beta} < \frac{\ell_{\text{г}}}{ctg\varphi - ctg\beta} \quad (27)$$

Швидкість поглиблення обмежується меншою величиною, тому у всіх випадках буде справедливим вираз.

$$h_r = \frac{e^{\alpha}}{ctg\varphi + |ctg\beta|}, \quad (28)$$

де  $|ctg\beta|$  - абсолютна величина дійсного числа  $ctg\beta$ .

При визначенні можливої швидкості заглиблення кар'єру необхідно порівнювати значення  $h_r$ , розраховане за формулою (28) і за формулою, яку запропонував А.І. Арсентьєвим (5) для конкретно прийнятої організації гірничих робіт на двох нижніх суміжних горизонтах. Якщо швидкість заглиблення кар'єру за умовою організації гірських робіт на двох нижніх суміжних горизонтах виявиться меншою за  $h_r$ , розрахованою за формулою (28), то необхідно змінити організацію робіт з заглиблення кар'єру і знайти варіант, що задовольняє умові (28).

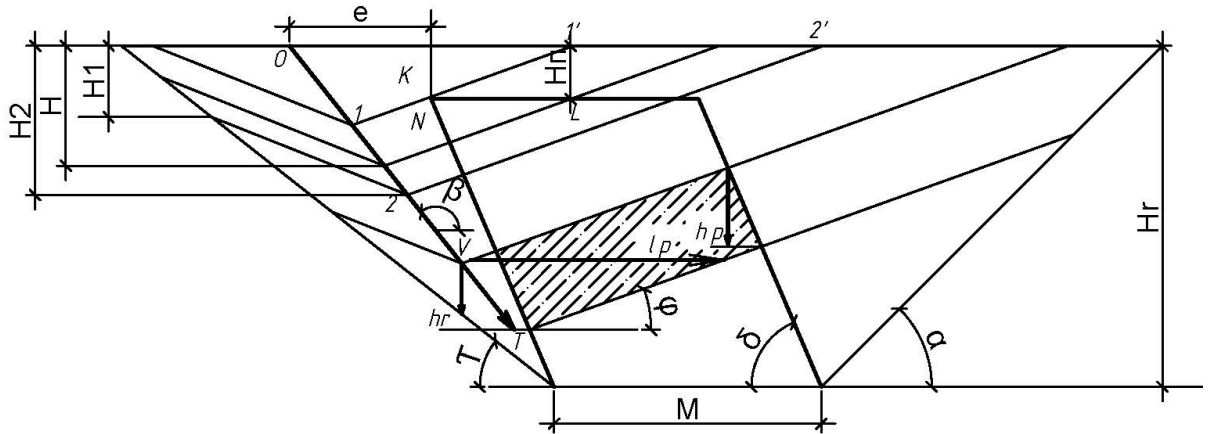
Закономірність зміни обсягу корисних копалин зі зміною глибини гірничих робіт була розглянута дослідниками на прикладі трьох характерних схем заглиблення кар'єру, який розробляє родовище найпростішої форми.

1. По породах лежачого боку (мал.3)
2. По породах висячого боку (мал.5)
3. У середині рудного тіла (мал.7)

У всіх випадках розкриття родовища здійснено тупиковими тимчасовими з'їздами; підготовка горизонтів відбувалася розрізними траншеями.

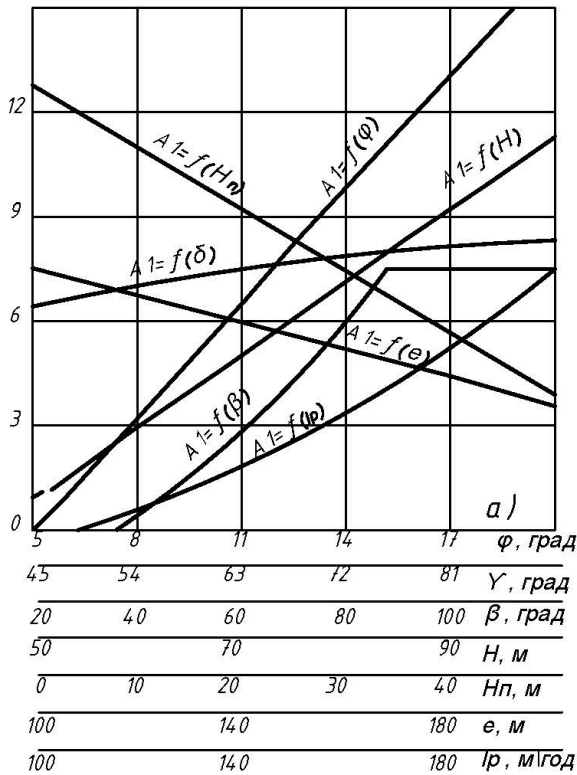
## **5.2. Вплив гірничо-технічних факторів на продуктивність кар'єру за корисними копалинами при заглибленні по породах лежачого боку**

При розвитку гірських робіт у глибину за напрямом  $OT$  (мал.3) робочий борт кар'єру, що має постійний кут укосу послідовно займає характерніше положення  $1-1'$ ,  $2-2'$ . Після положення  $2-2'$  робочий борт перетинатиме рудне тіло по всій його потужності.

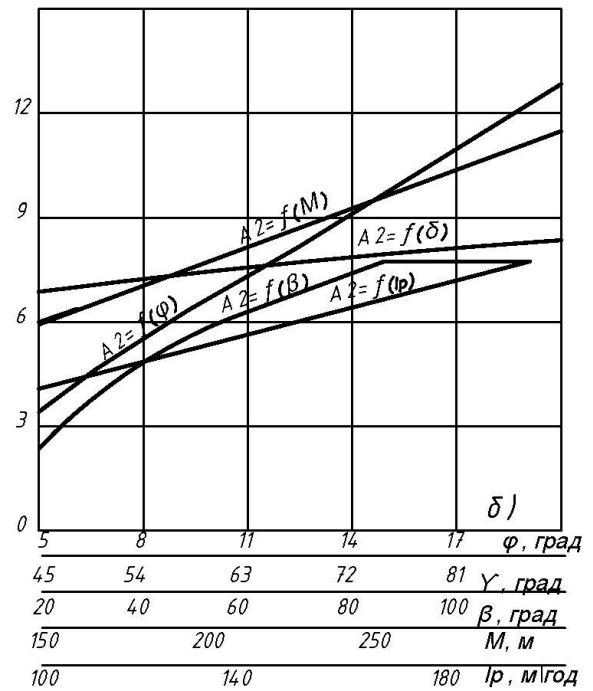


мал. 3 Схема для визначення продуктивності кар'єру при заглибленні по породам лежачого боку

A1  
м/м.м3/год



A2  
м/м.м3/год



мал.4. Вплив гірничотехнічних факторів на продуктивність кар'єру при поглибленні по породам лежачого боку:  
 а - на першому етапі роботи кар'єру,  
 б - на другому етапі роботи кар'єру

Видобуток корисних копалин починається при досягненні гірськими роботами глибини  $H_1$ . З малюнка 3 ця глибина дорівнює

$$H_1 = \frac{e + H_{\square} * ctg\varphi}{ctg\varphi - ctg\beta}, \text{ м,} \quad (29)$$

де  $H_{\square}$  - потужність покриваючих порід, м;

$e$  - горизонтальна відстань на денній поверхні від місця закладання траншеї до верхнього контуру рудного тіла, м.

Другий етап роботи кар'єру розпочнеться при досягненні гірничими роботами глибини  $H_2$ . Відповідно до малюнка 3 ця глибина дорівнює

$$H_2 = \frac{e + H_{\square} * ctg\varphi + M}{ctg\varphi - ctg\beta}, \text{ м,} \quad (30)$$

де  $M$  - горизонтальна потужність рудного тіла, м.

Позначимо:

$$ctg\varphi + ctg\gamma = a_1 \quad (31)$$

$$ctg\varphi - ctg\beta = a_2 \quad (32)$$

$$ctg\varphi - ctg\gamma = a_3 \quad (33)$$

$$ctg\varphi + ctg\beta = a_4 \quad (34)$$

де  $\gamma$  - кут падіння рудного тіла, град.

Тоді

$$H_1 = \frac{e + H_{\square} * ctg\varphi}{a_2}, \text{ м,} \quad (35)$$

$$H_2 = \frac{e + H_{\square} * ctg\varphi + M}{a_2}, \text{ м,} \quad (36)$$

Обсяг корисних копалин  $P_1$ , добутого при досягненні гірськими роботами глибини  $H$ , характеризуватиметься площею трикутника  $KLN$  (малюнок 3) яка дорівнює

$$P_1 = \frac{0,5(H * a^2 - e - H_{\square} * ctg\varphi)^2}{a_1}, \text{ м}^3 * \quad (37)$$

Тоді продуктивність кар'єру з корисних копалин на першому етапі роботи визначиться з виразу

$$A_1 = h_r * \frac{dP}{dH} = \frac{l_{\square}}{ctg\varphi + |ctg\beta|} * \frac{a_1}{a_2} (H * a_2 - e - H_{\square} * ctg\varphi), \text{ м}^3/\text{рік} \quad (38)$$

На другому етапі роботи кар'єру продуктивність по корисним копалинам можна визначити з виразу

$$A_2 = h_0 * S, \text{ м}^3/\text{рік} \quad (39)$$

Де  $h_0$  - швидкість зниження видобувних робіт у кар'єрі, м/рік;

$S$  - горизонтальна площа корисних копалин в контурах кар'єру, м<sup>2</sup>.

При розв'язанні задач на площині продуктивність можна характеризувати виразом

$$A_2 = h_0 * M, \text{ м}^3/\text{рік}, \quad (40)$$

\*) у цьому випадку закономірність зміни обсягу корисних копалин з глибиною кар'єра характеризується закономірністю зміни площі з глибиною кар'єру. У зв'язку з цим площі прирівнюються до обсягів.

де  $M$  – горизонтальна потужність рудного тіла, м.

Швидкість зниження видобувних робіт можна висловити (див. малюнок3) через швидкість зниження гірничих робіт, тобто

$$h_0 = h_r * \frac{a_2}{a_1}, \quad (41)$$

Підставивши у вираз (41) значення швидкості зниження гірничих робіт з виразу (28), отримаємо

$$h_0 = \frac{\ell^2}{ctg\varphi + |ctg\beta|} * \frac{a_1}{a_2}, \text{ м/рік}. \quad (42)$$

Продуктивність кар'єру з корисних копалин на другому етапі його роботи характеризуватиметься виразом

$$A_2 = \frac{a^2 * M * \ell^2}{a_1 (ctg\varphi + |ctg\beta|)} \text{ м}^3/\text{Год}. \quad (43)$$

Проаналізувавши вираз (38) було визначено вплив гірничо-технічних факторів на продуктивність кар'єру по корисним копалинам на першому етапі його роботи.

Більш повне уявлення про ступінь впливу різних факторів на продуктивність кар'єру ми отримаємо, якщо визначатимемо можливу продуктивність кар'єру, віднесену не до глибини гірських робіт  $H$ , а до певного моменту часу. Для цього у формулі (38) глибину гірничих робіт ( $H$ )

було виражено через швидкість зниження гірських робіт ( $h_r$ ) і час ( $T$ ), що відраховується від початку будівництва кар'єру, тобто.

$$H = h_r * T, \text{ м.} \quad (44)$$

Тоді

$$A = \frac{l^2}{\text{ctg}\varphi + |\text{ctg}\beta|} * \frac{a_2}{a_1} * \left( \frac{a^2 * l^2 * T}{\text{ctg}\varphi + |\text{ctg}\beta|} - e - H^2 * \text{ctg}\varphi \right), \text{ м}^3/\text{рік} \quad (45)$$

З графіка (малюнок 4а) видно, що найбільш сильний вплив на продуктивність кар'єру з корисних копалин надає кут укосу робочого борту кар'єру.

В той самий момент часу при роботі з максимальним кутом укосу робочого борту ( $\varphi_{max}$ ) можна розвинути набагато більшу продуктивність, ніж при роботі з мінімальним кутом укосу робочого борту ( $\varphi_{min}$ ).

З графіка видно, чим ближче починати розкриття родовища від контуру рудного тіла, тобто чим менше  $e$ , тим більшу продуктивність кар'єру можна розвинути до певного моменту часу.

З іншого боку, в цей же час можлива продуктивність кар'єра буде залежати від потужності покривних порід ( $H^2$ ). Зі збільшенням її (малюнок 4а) досяжна до певного моменту часу продуктивність кар'єру, як правило, зменшиться. При цьому спостерігається зменшення продуктивності кар'єру набагато більшою мірою, ніж при збільшенні відстані від місця закладання на поверхні покриваючих вироблень до контакту рудного тіла.

Тому з метою більш швидкого досягнення проектної продуктивності кар'єру завжди доцільніше розкриття родовища здійснювати в місцях, що мають найменші горизонтальні відмітки.

Менш значний вплив на продуктивність кар'єру надає кут падіння рудного тіла. Зі збільшенням кута падіння рудного тіла збільшується продуктивність за корисними копалинами.

Зі збільшенням глибини гірничих робіт у кар'єрі в роботу вводяться нові видобуткові уступи, кількість яких зростає, а це дозволяє безперервно збільшувати продуктивність кар'єру (пряма  $A_1=f(H)$  на мал.4а).

Швидкість відпрацювання уступів у горизонтальному напрямку є одним з основних факторів, що визначають інтенсивність відпрацювання родовища, і, відповідно, її збільшення тягне за собою збільшення продуктивності кар'єру по корисним копалинам.

Аналізуючи вплив напрямку заглиблення на продуктивність кар'єру, було встановлено, що якщо заглиблення кар'єру вести з постійною швидкістю у напрямку до рудного тіла, то продуктивність по корисним копалинам залишається постійною незалежно від величини кута, під яким здійснюється заглиблення. Якщо заглиблення кар'єру здійснюється з постійною швидкістю і спрямовано від рудного тіла, то продуктивність буде меншою, ніж при вищевказаному напрямку заглиблення і, в міру зменшення кута  $\beta$  (див. малюнок 4а), її значення буде зменшуватися.

Графіки, побудовані на підставі формули (43), надають можливість зробити авторам висновки про ступінь впливу різних факторів на продуктивність кар'єру за корисними копалинами на другому етапі роботи (див. малюнок 4б).

Тут, також як і першому етапі роботи, істотний вплив продуктивність кар'єра надає величина кута укосу робочого борту кар'єру.

Зі збільшенням кута падіння рудного тіла збільшується продуктивність кар'єру за корисними копалинами, за умови збереження горизонтальної потужності рудного тіла постійною.

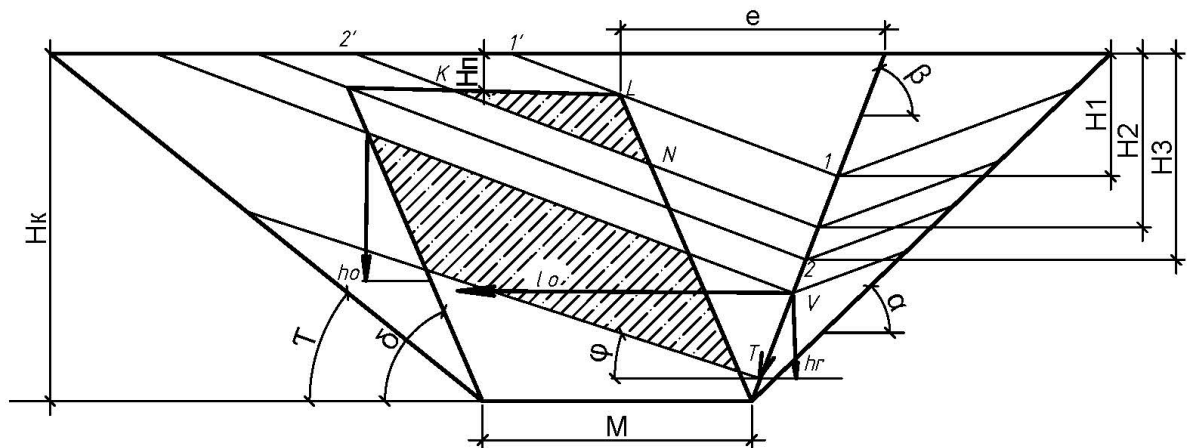
Продуктивність кар'єру по корисним копалинам прямо пропорційна швидкості відпрацювання уступів у горизонтальному напрямі та горизонтальній потужності рудного тіла.

Характер впливу напрямку заглиблення кар'єру на його продуктивність на другому етапі роботи (див. малюнок 4б) аналогічний впливу кута заглиблення кар'єру на його продуктивність на першому етапі роботи.

### 5.3. Вплив гірничо-технічних факторів на продуктивність кар'єру по корисним копалинам при заглибленні по породах висячого боку

При заглибленні кар'єру по породах висячого боку роботу кар'єру також слід поділяти на два етапи, аналогічно тому, як при заглибленні кар'єру по породах лежачого боку.

Видобуток корисних копалин починається при досягненні гірськими роботами глибини  $H_1$  (див. малюнок 5). Якщо гірські роботи вглиб розвиваються у напрямку  $OT$ , то



мал. 5 Схема для визначення продуктивності кар'єру при заглибленні по породам боку, що висить

$$H_1 = \frac{e + H_3 * ctg\varphi}{a_4}, \text{ м,} \quad (46)$$

Перший етап видобутку корисних копалин закінчується при досягненні гірськими роботами глибини  $H_2$ . Відповідно з кресленням:

$$H_2 = \frac{e + H_3 * ctg\varphi + M}{a_4}, \text{ м,} \quad (47)$$

Обсяг корисних копалин  $P_1$ , який добувається при досягненні гірськими роботами глибини  $H$ , буде характеризуватися площею трикутника  $KLN$  (див. малюнок 5)



$$P_1 = \frac{0,5(H \cdot a_4 - e - H^2 \cdot \text{ctg}\varphi)^2}{a_3}, \text{ м}^3 \quad (48)$$

Продуктивність за корисними копалинами визначиться з виразу

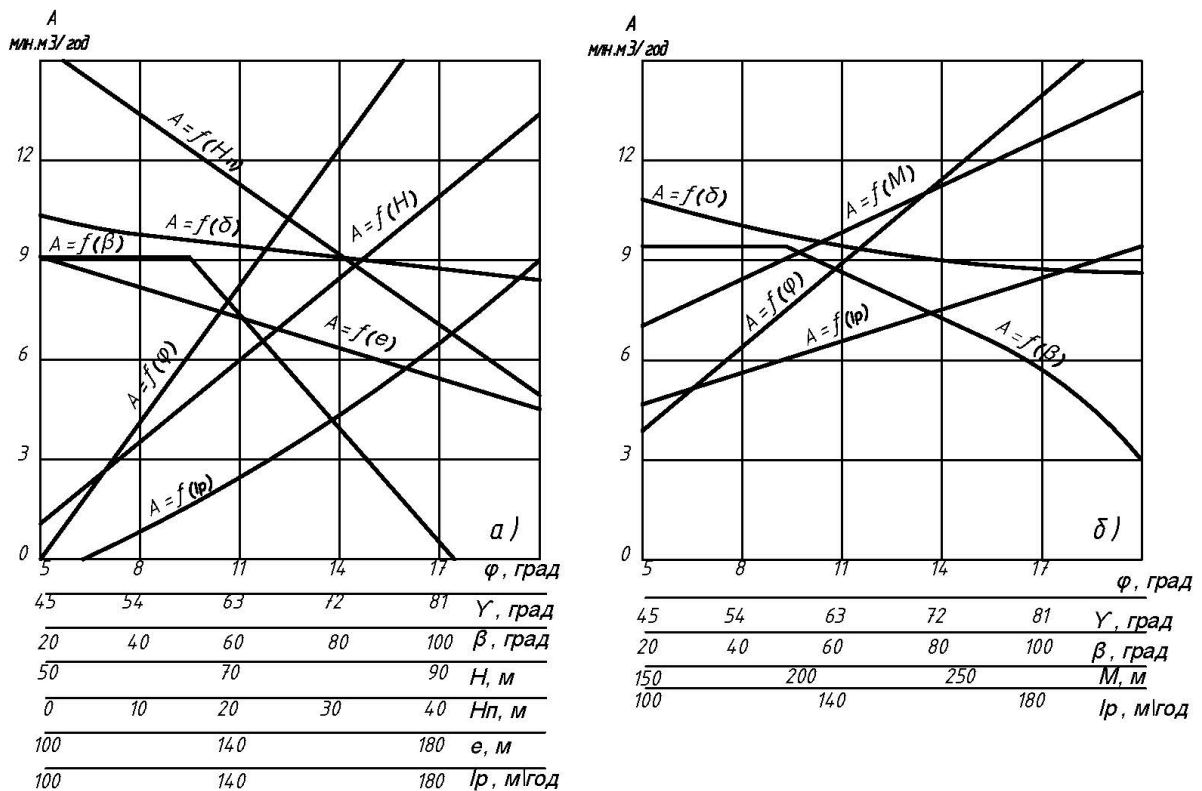
$$A_1 = h_r \cdot \frac{dP}{dH} = \frac{l^2}{\text{ctg}\varphi + |\text{ctg}\beta|} \cdot \frac{a_4}{a_3} (H \cdot a_4 - e - H^2 \cdot \text{ctg}\varphi), \text{ м}^3/\text{рік} \quad (49)$$

На другому етапі роботи продуктивність кар'єру з корисних копалин можна визначити з виразу (40). У даному випадку взаємозв'язок між швидкістю зниження видобувних і гірничих робіт, у відповідності з малюнком . 2, буде виражатися рівнянням:

$$h_o = h_r \cdot \frac{a_4}{a_3}, \quad (50)$$

Підставивши у формулу (50) значення швидкості зниження гірничих робіт з виразу (28), отримаємо

$$h_o = \frac{l^2}{\text{ctg}\varphi + |\text{ctg}\beta|} \cdot \frac{a_4}{a_3}, \text{ м/рік}. \quad (51)$$



мал.6. Вплив гірничотехнічних факторів на продуктивність кар'єру при поглибленні по породах доку, що висить:

a - на першому етапі роботи кар'єру,

б - на другому етапі роботи кар'єру

Якщо у виразах (42) і (51) у коефіцієнтах  $a_2$  та  $a_4$  кут  $\beta$  має відповідно негативне і позитивне значення, тобто, якщо заглиблення кар'єру спрямоване у бік рудного тіла, то швидкість зниження видобувних робіт не залежить від величини кута, під яким ведеться заглиблення.

Тоді продуктивність за корисними копалинами буде характеризуватися виразом:

$$A_2 = \frac{a_4 * M * l_{\square}}{a_3(ctg\varphi + |ctg\beta|)}, \text{ м}^3/\text{рік}. \quad (52)$$

Вирази (43) і (52), що характеризують продуктивність кар'єру за корисними копалинами на першому етапі його роботи при заглибленні по породах відповідно лежачого та висячого боків, відрізняються лише коефіцієнтами  $a_1$ ,  $a_2$  та  $a_3$ ,  $a_4$ . Причому, якщо заглиблення кар'єру відбувається у бік рудного тіла під кутами відповідно  $\beta_1$  і  $\beta_2$  та дотримується умова  $\beta_1 = 180 - \beta_2$ , то коефіцієнти  $a_2$  і  $a_4$  за величиною рівні між собою.

Коефіцієнт  $a_3$  завжди буде меншим за коефіцієнт  $a_1$  отже, за інших рівних умов продуктивність кар'єру за корисними копалинами при заглибленні по породах висячого боку завжди буде більшою, ніж при заглибленні по породах лежачого боку. Чим менший кут падіння рудного тіла, тим більше ця різниця (див малюнок **4а** і **6а**).

Аналогічну картину спостерігається на другому етапі роботи кар'єру (рис. **4б** і **6б**).

Так, наприклад, якщо заглиблення по породах лежачого і висячого боків здійснено відповідно під кутами  $\beta_1 = 125^\circ$  та  $\beta_2 = 55^\circ$  при  $\varphi = 12^\circ$ ;  $e = 100\text{м}$ ;  $l_{\square} = 200\text{м}/\text{рік}$ ;  $M = 200\text{ м}$ , то на першому і другому етапах роботи (через 2,2 роки після початку гірничих робіт) продуктивність кар'єру за корисними копалинами при заглибленні по породах висячого боку більше, ніж по породах лежачого боку, на 12; 28 та 55% при кутах падіння рудного тіла відповідно  $75$ ;  $60$  та  $45^\circ$ .

#### 5. 4. Вплив гірничо-технічних факторів на продуктивність кар'єру за корисними копалинами при заглибленні всередині рудного тіла.

Якщо розкриття родовища починати над рудним тілом, припустимо в точці **B**, і вести його в напрямку **BOCD** (див. малюнок 7), то видобуток корисних копалин почнеться при досягненні гірничими роботами глибини  $H_2$ . Надалі в міру збільшення глибини гірничих робіт кількість видобутих корисних копалин буде збільшуватися.

На кресленні (мал.7) обсяг корисних копалин  $P_1$ , видобутих при досягненні гірськими роботами глибини  $H$ , буде характеризуватись площею трикутника **K'L'O'**, яка відповідно з мал.7 дорівнює:

$$P = 0,5 (H - H_2)^2 * 2ctg\varphi, \text{ м}^3. \quad (53)$$

Якщо позначити:

$$2ctg\varphi = a_5, \quad (54)$$

Тоді

$$P = 0,5 a_5 (H - H_2)^2, \text{ м}^3. \quad (55)$$

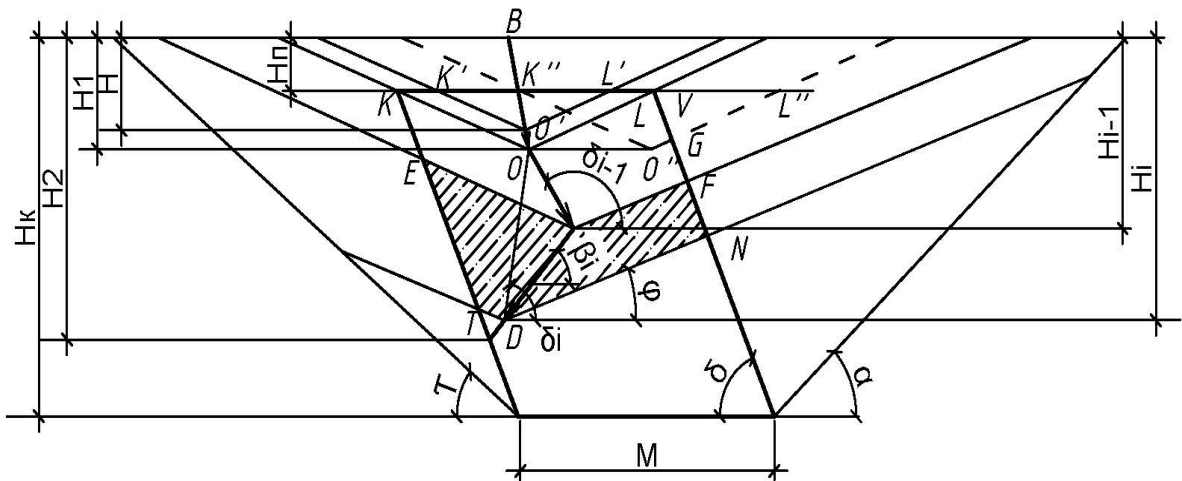
Продуктивність кар'єру по корисним копалинам визначиться:

$$A_1 = h_r \frac{dP_1}{dH} = h_r * a_5 (H - H_2), \text{ м}^3/\text{рік} \quad (56)$$

Підставивши у вираз (56) значення швидкості зниження гірничих робіт з виразу (28), автори отримали:

$$A_1 = \frac{a_5 * l_2}{ctg\varphi + |ctg\beta|} * (H - H_2), \text{ м}^3/\text{рік} \quad (57)$$

При заглибленні кар'єру всередині рудного тіла можливі два найбільш характерні варіанти розвитку гірничих робіт у кар'єрі. Перший варіант, коли гірничі роботи розвиваються таким чином, що обидва робочі борти одночасно підходять до верхнього контуру рудного тіла, тобто при досягненні гірськими роботами глибини  $H_1$  займають положення **KLO** (мал.7). У цьому випадку обсяг корисних копалин, добутих при досягненні гірськими роботами глибини  $H_1$ , характеризуватиметься площею трикутника **KLO**, тобто



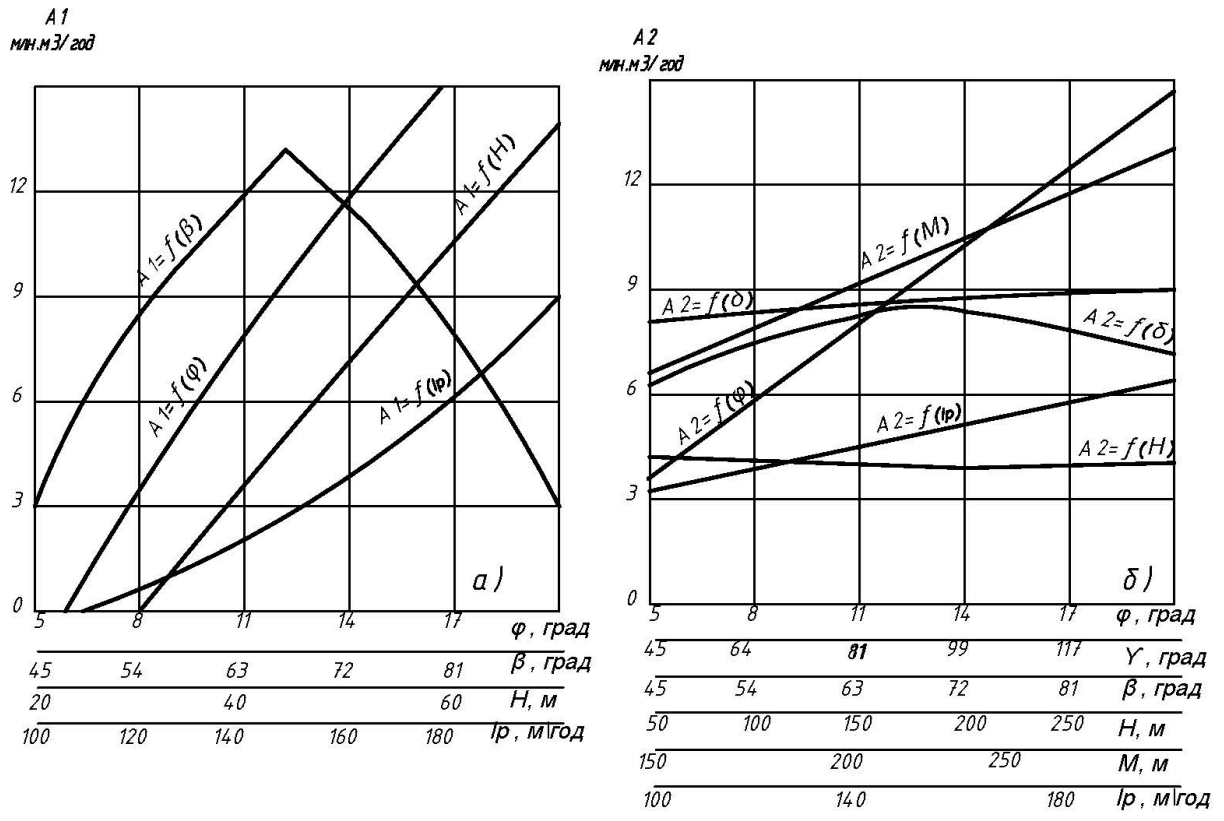
мал. 7 Схема для визначення продуктивності кар'єру за корисними копалинами при заглибленні всередину рудного тіла

$$P = 0,5a_5(H_1 - H_2)^2, \text{ м}^3. \quad (58)$$

Можлива продуктивність по корисним копалинам при глибині кар'єру  $H_1$  складе

$$A^1_1 = h_r * a_5(H_1 - H_2), \text{ м}^3/\text{рік} \quad (59)$$

Другий варіант, коли гірські роботи розвиваються таким чином, що робочі борти не одночасно підходять до верхнього контуру рудного тіла. Припустимо, що робочий борт кар'єру з боку висячого боку раніше підійшов до верхнього контуру рудного тіла. Тоді при досягненні гірськими роботами глибини  $H_1$  робочі борти займуть положення  $K''L''O''$ .



мал.8. Вплив гірничотехнічних факторів на продуктивність кар'єру за корисними копалинами при заглибленні вглибини рудного кар'єру  
 а - на першому етапі роботи кар'єру,  
 б - на другому етапі роботи кар'єру

У даному випадку обсяг корисних копалин  $P_{\square}$  добутого при досягненні гірськими роботами глибини  $H_1$  характеризує площу багатокутника К "LGO".  
 Тоді з креслення:

$$P_{\square} = P \cdot V, \text{ м}^3 \quad (60)$$

де

$$V = 0,5(H_1 - H_{\square})^2 a_1, \text{ м}^3. \quad (61)$$

Тоді можлива продуктивність кар'єру по корисним копалинам визначиться:

$$A_1'' = h_r \frac{dP_{\square}}{dH_1} = h_r \cdot a_5(H_1 - H_{\square}) - h_r \cdot a_1(H_1 - H_{\square}), \text{ м}^3/\text{рік}. \quad (62)$$

Порівнюючи вирази (59) і (62), автори дійшли висновку, що у всіх випадках справедлива нерівність

$$A_1^1 > A_1'', \quad (63)$$

тобто за всіх рівних умовах розвиток гірничих робіт за першим варіантом дає можливість розвинути велику продуктивність кар'єру з корисних копалин. При цьому другий етап роботи кар'єру розпочнеться при досягненні гірськими роботами глибини  $H_i$ , яка відповідно з кресленням дорівнює:

$$H_1 = \frac{M}{a_5} + H_{\square}, \text{ м.} \quad (64)$$

Якщо на другому етапі гірничі роботи, наприклад, будуть розвиватися в напрямку СД з глибин  $H_{i-1}$  до  $H_i$ , то обсяг корисних копалин, добутих при цьому, буде характеризуватись площею багатокутника ECFNDT і відповідно з малюнком 7:

$$P_2 = M(H_i - H_{i-1}) - \frac{0,5 \left( H_i - H_{\square} - \frac{M}{a_5} \right)^2 * a_6^2(i) * a_5}{a_1 * a_3} + \frac{0,5 \left( H_{i-1} - H_{\square} - \frac{M}{a_5} \right)^2 * a_6^2(i-1) * a_5}{a_1 * a_3}, \text{ м}^3 \quad (65)$$

де  $H_i$  - глибина гірничих робіт у точці  $D$ , м;

$H_{i-1}$  - те ж саме в точці  $C$ , м.

$$a_6(i) = ctg \delta_i + ctg \gamma; \quad (66)$$

$$a_6(i-1) = ctg \delta_i + ctg \gamma; \quad (67)$$

$\delta_i$  - кут, що визначає положення розрізної траншеї на глибині  $H_i$ , град;

$\delta_{i-1}$  - те ж саме, на глибині  $H_{i-1}$ .

На кресленні цей кут утворений лінією горизонту та прямою, що з'єднує розрізну траншею та точку  $O$ .

Можлива продуктивність кар'єру з корисних копалин визначиться з виразу

$$A_2 = h_r * \frac{dP_2}{dH_i} = \frac{l_{\square}}{ctg \varphi + |ctg \beta_i|} * \left[ M - \frac{a_5 * a_6^2(i)}{a_1 * a_3} * \left( H_i - H_{\square} - \frac{M}{a_5} \right) \right], \text{ м}^3/\text{рік} \quad (68)$$

де  $\beta_i$  кут, під яким ведеться заглиблення кар'єру при зниженні гірничих робіт від  $H_{i-1}$  до  $H_i$ , град.

Якщо напрямок заглиблення на цій ділянці не змінюється, то

$$ctg \beta_i = \frac{\left( H_{\square} - \frac{M}{a_5} \right) ctg \delta_i - \left( H_{i-1} - H_{\square} - \frac{M}{a_5} \right) ctg \delta_{i-1}}{H_i - H_{i-1}} \quad (69)$$

Вираз продуктивності кар'єру з корисних копалин остаточно набуде вигляду

$$A_2 = \frac{l_{\text{в}}}{\text{ctg}\varphi + \left[ (H_i - H_{\text{в}} - \frac{M}{a_5}) \text{ctg}\delta_i - (H_{i-1} - H_{\text{в}} - \frac{M}{a_5}) \text{ctg}\delta_{i-1} \right]} * \\ * \left[ M - \frac{a_5 * a_6^2(i)}{a_1 * a_3} * (H_i - H_{\text{в}} - \frac{M}{a_5}) \right], \text{ м}^3/\text{ГОД} \quad (70)$$

Вираз (70) справедливий при  $H_i < H_2$ , де  $H_2$ , глибина, на якій гірські роботи виходять на один з боків рудного тіла. Ця глибина знаходиться на кресленні, мал.7.

Якщо гірські роботи виходять на лежачий бік рудного тіла, то:

$$H_2 = H_n + M \frac{\text{ctg}\delta_i + 0,5a_5}{a_5(\text{ctg}\delta_i + \text{ctg}\gamma)}, \text{ м.} \quad (71)$$

Якщо гірські роботи виходять на висячий бік рудного тіла, то

$$H_2 = H_n + M \frac{\text{ctg}\delta_i - 0,5a_5}{a_5(\text{ctg}\delta_i + \text{ctg}\gamma)}, \text{ м.} \quad (71)$$

Якщо в подальшому заглиблення кар'єру виконуються за межами рудного тіла або на контактах його з порожніми породами, то продуктивність можливо визначити з виразу (43) або (52).

Якщо при розрахунку виявиться, що  $H_2 > H_k$ , то це означає, що заглиблення кар'єру виробляється в контурах рудного тіла до кінця відпрацювання родовища.

На малюнку 8а, надані графіки впливу різних гірничо-технічних факторів на продуктивність кар'єру за корисними копалинами на першому етапі його роботи, побудова на основі виразу (56).

Робимо висновок що у нашому випадку характер впливу на продуктивність кута укосу робочого борту, глибини гірничих робіт і швидкості відпрацювання уступів у горизонтальному напрямку аналогічний характеру впливу цих же факторів на продуктивність кар'єру при заглибленні по порожнім породам.

З графіку  $A_1 = f(\beta)$  видно (малюнок 8а), що найбільшу продуктивність кар'єру за корисними копалинами можна розвинути при вертикальному заглибленні. Відхилення напрямку заглиблення в той чи інший бік від

вертикального веде до зниження продуктивності кар'єру. Ця ж закономірність спостерігається і на другому етапі роботи кар'єру (малюнок 8б).

Графік функції  $A_2=f(H)$  показує, що при вертикальному заглибленні продуктивність кар'єру зі зниженням гірничих робіт буде незначно зменшуватися.

З графіка функції  $A_2=f(\alpha)$  видно, що при збереженні вертикального заглиблення найбільшу продуктивність можна досягти при  $\alpha=90^\circ$ .

Характер зміни можливої продуктивності кар'єру в залежності від потужності рудного тіла, кута укосу робочого борту та горизонтальної швидкості відпрацювання уступів на другому етапі його роботи такий як і на першому.

## ВИСНОВКИ ДО РОБОТИ

Відкрита розробка родовищ корисних копалин характеризується значними виробничим потужностями та об'ємами виробництва. На сьогоднішній день даний спосіб відпрацювання надр є основною сферою діяльності людства котра має конкретну перспективу розвитку.

Аналізуючи джерела наукової, дослідницької та технологічної літератури слід відзначити, що питанням інтенсивності відпрацювання надр, на підставі яких виконувалась дана магістерська робота, присвячена велика кількість наукових робіт. Слід зауважити що вагомий внесок в вирішення цих питань зробили вітчизняні науковці серед яких слід відзначити дослідників Криворізького національного університету в минулому КГРІ.

На підставі аналізу науково-практичних джерел зроблено наступні

### **ВИСНОВКИ:**

1. Суттєвий вплив на виробничу потужність кар'єрів виявляє загальна глибина кар'єру. При збільшенні глибини гірничих робіт у кар'єрі в роботу вводяться нові добувні уступи, кількість яких збільшується, що дозволяє безперервно збільшувати потужність кар'єру.



2. Швидкість відпрацювання уступів у горизонтальному напрямі є одним з основних факторів, визначальних інтенсивність відпрацювання родовища, і, природно, її збільшення тягне за собою збільшення виробництва кар'єру по корисній копалині.
3. На продуктивність кар'єру також впливає напрям поглиблення кар'єру. При цьому якщо поглиблення кар'єру вести з постійною швидкістю в напрямі до рудного тіла, то продуктивність по корисній копалині залишається постійною незалежно від величини кута, під яким здійснюється заглиблення.
4. Якщо заглиблення кар'єру відбувається з постійною швидкістю і напрям від рудного тіла, то продуктивність буде меншою, ніж в попередньо вказаному випадку.
5. Значний вплив на продуктивність кар'єру надає значення величина кута укосу робочого борту кар'єра. При збільшенні кута падіння рудного тіла збільшується продуктивність кар'єру по корисним копалинам, якщо збереженні горизонтальної потужності рудного тіла постійною.
6. Виробнича потужність по корисним копалинам прямо пропорційна швидкості відпрацювання уступів у горизонтальному напрямі і горизонтальній потужності рудного тіла.

### **ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО МОЖЛИВИХ НАПРЯМКІВ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ**

На основі вивчення науково-практичних джерел та аналізу стану питання продуктивності кар'єрів можна рекомендувати наступні напрямки подальших досліджень:

1. Вивчення практичного досвіду, як впливає комплексне відпрацювання родовища на продуктивність кар'єру по основному виду корисних копалин.

2. Розробка методики по визначенню продуктивності кар'єра та режиму гірничих робіт при зміні пріоритетності виду корисних копалин.
3. Розглянути питання впливу соціально-економічного та соціально політичного становища на режим роботи сучасного гірничого виробництва.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Агошков І.І. Визначення продуктивності рудика.Металургвидавництво, 1948
2. Алексеев Ф.К. та ін. Досвід будівництва та вконтратація кар'єрів гірничозбагачувальних комбінатів Криворакського басейну. "Гірський журнал, 1963, 16.
3. Арсентьев А.І. Спосіб моделювання розвитку гірничих рамок на кар'єрі ПГСК "Гірський журнал", 1957, 12.
4. Арсентьев А.І., Єщенко А.А., Курочкин А.М. Наслідкування Досяжної продуктивності кар'єру ОГОК та визначення його раціонального розвитку. Праці НІСА КГРІ, м. Київ Кривий Ріг, 1960.
5. Арсентьев А.І. Визначення продуктивності та кордонів кар'єрів. Держгортехвидав, 1961.
6. Арсентьев А.І., Бевз Н.Д. Вибір раціональних схем вскриття; систем розробки і встановлення оптимальних параметрів буровзривних робіт із застосуванням звичайних та глибоких скважин в умовах Першотравневого кар'єру ПівніГЗК. Праці НДІ КГРІ, Кривий Ріг, 1963.
7. Арсентьев А.І., Єщенко А.А., Оводенко Б.К. Пермяков Р.О. Інтенсифікація гірських робіт у кар'єрах. Вид. "Недра", М, 1965.
8. Бевз Н.Д. Вишукування оптимального напрямку розвитку гірських робіт у кар'єрі при відпрацюванні потужних крутопадаючих залежей. Дисертація на здобуття наукового ступеня канд. техн. наук. Криворізький гірничорудний інститут, 1966.
9. Березняк М.М. та ін. Використання електронних обчислювальних машин при проектуванні кар'єрів. "Вісті вузів ". Гірничий журнал", 1965 № 2.
10. Бокій Б.І. Практичний курс гірничого мистецтва т. Іл 1925.
11. Захаров С.М. Облік рівномірності капітальних та поточних витрат при зіставленні варіантів енергетичного будівництва. «Електричество», 1959. №10.

12. Васильєв Є.І. Деякі питання обґрунтування продуктивності та розмірів кар'єру при розробці світи крутопадаючих пластів. Московський гірський інститут, НІС, 1958.
13. Волков Г.І. Економічна ефективність збільшення виробничої потужності вугільних розрізів. Збірник "Технік та технологія відкритих гірничих робіт", Вуглетехвидат, 1959.
14. Городецький П.М. Основи проектування гірничорудних підприємств. Металургіздат, 1949.
15. Дранніков С.А. Планування річки гірських робіт на хаєрах. Зб. "Техніка та технологія відкритих гірничих робіт. Вугле техвидав, 1999.
- 16.16. Звягінцев Є.П. Визначення виробничої потужності відкритих копалень "Гірничий журнал", 1948 № 4.
17. Золотарьов Н.Д. Технологія та економіка відкритої розробки родовищ. "Надра", 1965.
18. Зурков П.Е. Визначення вкоплуатаційного коефіцієнта вигуку. "Гірський курвал", 1946 № 7-8.
19. Зурков Д.Е. Визначення продуктивності кар'єра. Збірник працьмагнітогорського гірничометалургійного інституту, вип.15. Свердловск, Металургвидат.
20. Капцетін Н.Г. Обґрунтування виробничої потужності кар'єру. Збірник «Техніка та технологія гірничих робіт», Вуглетехвидат, 1959.
21. Ржевський В.В. Ковзаючі з'їзди у кар'єрах. Вуглетехвидат. 1952.
22. Секісов Г.В. Шестаков В.А. Розширення меж застосування відкритого способу розробки. Журнал «Колима», 1961. №3ю
23. Табакман І.Б. Дослідженнч режиму відкритих гірничих робіт за допомогою обчислювальних машин. «Гірничий журнал», 1963, №10.
24. Хозряков В.С. Показники технічного прогресу на кар'єрах СРСР. «Вісті ВУЗів. Гірничий журнал», 1963, №6.
25. Розенплентер А.Е. Вибір ефективної продуктивності кар'єрів. Збірник статей «технологія гірничих відкритих робіт», вид. «Техніка», Київ, 1966.