

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
КАФЕДРА ВІДКРИТИХ ГІРНИЧИХ РОБІТ

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до випускної роботи

на здобуття освітньо-кваліфікаційного рівня магістра  
зі спеціальності 184 “Гірництво” ОПП «Відкриті гірничі роботи»

На тему: **«Визначення пріоритетних напрямків наукового обґрунтування  
етапної розробки родовищ корисних копалин»**

Виконав ст. групи \_\_\_\_\_ /Борисенко В.А./

Керівник \_\_\_\_\_ /Луценко С.О./

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_ /Жуков С.О./

Кривий Ріг

2024 р

## ЗМІСТ

РЕФЕРАТ.....	3
ВСТУП.....	5
Розділ 1 Аналіз сучасного стану етапної розробки родовищ корисних копалин .....	7
1.1. Аналіз досліджень та практичного досвіду з формування та конструкції тимчасово неробочих бортів кар'єрів.....	7
1.2. Аналіз досліджень та практичного досвіду з ведення гірничих робіт при формуванні тимчасово неробочих бортів .....	10
1.3. Аналіз наукових досліджень та проектних рішень щодо порядку розробки мультіподібних родовищ.....	12
Розділ 2 Дослідження технології формування тимчасово неробочого борту кар'єра .....	19
2.1. Формування тимчасово неробочого борту кар'єру.....	19
2.2. Обґрунтування раціонального графіка режиму гірничих робіт при формуванні тимчасово неробочого борту .....	23
2.3. Дослідження технологічних схем ведення гірничих робіт на уступах при формуванні тимчасово неробочого борту кар'єру .....	27
2.4. Геометризація та визначення параметрів ділянки формування тимчасово неробочого борту .....	38
2.5. Управління режимом гірничих робіт для формування тимчасово неробочого борту кар'єру .....	42
Загальні висновки та рекомендації.....	47
Бібліографія.....	49

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до магістерської роботи на тему «Визначення пріоритетних напрямків наукового обґрунтування етапної розробки родовищ корисних копалин» складається з: 53 с., 19 рис., 1 табл., 50 джерел інформації.

"Випускна робота на здобуття освітньо-кваліфікаційного рівня магістра. Криворізький національний університет. Кривий Ріг. - 2024. - 53 с."

**Актуальність теми.** На даний час видобуток корисних копалин відкритим способом провадиться на різних родовищах, що становлять значну частку запасів України. За численними дослідженнями відпрацювання родовищ з площею у плані від 3 до 30 км<sup>2</sup> раціонально вести одним кар'єром у два етапи з розвитком гірничих робіт у контурах першого етапу по однобортівій поперечній системі розробки. При підході гірничих робіт до границь першого етапу слід переходити до другого етапу гірничих робіт із зустрічним розвитком гірничих робіт.

На межі етапів формується тимчасово неробочий борт, що призводить до вибуття частини видобувного фронту гірничих робіт. Його заповнення з метою підтримки обсягів видобутку корисних копалин на потрібному рівні вимагає розвитку гірничих робіт на інших ділянках кар'єру з коефіцієнтом розкриття більше середнього за кар'єром. При цьому додаткові обсяги розкриття можуть бути компенсовані за рахунок ділянки формування тимчасово неробочого борту з меншим коефіцієнтом розкриття. Для цієї ділянки необхідний такий режим гірничих робіт, який з урахуванням розвитку гірничих робіт на інших ділянках забезпечує роботу кар'єру в цілому без зниження обсягів видобутку корисних копалин та суттєвого зростання обсягів розкриття.

У той же час формування тимчасово неробочого борту без застосування нових технологічних рішень призводить до виконання значних обсягів розкриття в початковий період, що знижує ефективність видобутку. У цих умовах визначення пріоритетних напрямків наукового обґрунтування

етапної розробки, а також обґрунтування технології формування тимчасово неробочого борту, що забезпечує необхідний режим гірничих робіт на даній ділянці кар'єру, є актуальним науковим завданням, що має важливе значення для практики ведення гірничих робіт.

Тому визначення пріоритетних напрямків наукового обґрунтування етапної розробки родовищ корисних копалин є актуальною задачею.

**Мета й завдання роботи.** Основною метою магістерської роботи є узагальнення наукових вишукувань щодо етапної розробки родовищ корисних копалин.

Для досягнення поставленої мети в роботі сформовані **основні задачі дослідження:**

1. Виконати аналіз досліджень та практичного досвіду щодо сучасного стану етапної розробки родовищ корисних копалин.
2. Дослідити технології формування тимчасово неробочого борту кар'єра.
3. Сформулювати основні напрямки подальших досліджень.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** ТИМЧАСОВО НЕРОБОЧІ БОРТИ, ЕТАПНА РОЗРОБКА РОДОВИЩ, ШИРИНА РОБОЧОЇ ПЛОЩАДКИ, РОБОЧИЙ БОРТ.

## ВСТУП.

Зі збільшенням глибини рудних і вугільних кар'єрів дедалі ширше впроваджується технологія ведення гірничих робіт етапами, що передбачає встановлення однієї чи кількох проміжних контурів. Виділення етапів, як правило, пов'язане із залишенням у робочій зоні кар'єру ТНБ та є гнучкою формою регулювання поточних обсягів розкривних робіт протягом тривалого періоду часу. Проміжний контур кар'єру насправді є ТНБ, що формується під крутим кутом з урахуванням тривалого його існування (15-25 років).

На даний час видобуток корисних копалин відкритим способом провадиться на різних родовищах, що становлять значну частку запасів України. За численними дослідженнями відпрацювання родовищ з площею у плані від 3 до 30 км<sup>2</sup> раціонально вести одним кар'єром у два етапи з розвитком гірничих робіт у контурах першого етапу по однобортовій поперечній системі розробки. При підході гірничих робіт до границь першого етапу слід переходити до другого етапу гірничих робіт із зустрічним розвитком гірничих робіт.

На межі етапів формується тимчасово неробочий борт, що призводить до вибуття частини видобувного фронту гірничих робіт. Його заповнення з метою підтримки обсягів видобутку корисних копалин на потрібному рівні вимагає розвитку гірничих робіт на інших ділянках кар'єру з коефіцієнтом розкриву більше середнього за кар'єром. При цьому додаткові обсяги розкриву можуть бути компенсовані за рахунок ділянки формування тимчасово неробочого борту з меншим коефіцієнтом розкриву. Для цієї ділянки необхідний такий режим гірничих робіт, який з урахуванням розвитку гірничих робіт на інших ділянках забезпечує роботу кар'єру в цілому без зниження обсягів видобутку корисних копалин та суттєвого зростання обсягів розкриву.

У той же час формування тимчасово неробочого борту без застосування нових технологічних рішень призводить до виконання значних обсягів розкриву в початковий період, що знижує ефективність видобутку. У

цих умовах визначення пріоритетних напрямків наукового обґрунтування етапної розробки, а також обґрунтування технології формування тимчасово неробочого борту, що забезпечує необхідний режим гірничих робіт на даній ділянці кар'єру, є актуальним науковим завданням, що має важливе значення для практики ведення гірничих робіт.

Тому визначення пріоритетних напрямків наукового обґрунтування етапної розробки родовищ корисних копалин є актуальною задачею

**Мета й завдання роботи.** Основною метою магістерської роботи є узагальнення наукових вишукувань щодо етапної розробки родовищ корисних копалин.

Для досягнення поставленої мети в роботі сформовані **основні задачі дослідження:**

1. Виконати аналіз досліджень та практичного досвіду щодо сучасного стану етапної розробки родовищ корисних копалин.
2. Дослідити технології формування тимчасово неробочого борту кар'єра.
3. Сформулювати основні напрямки подальших досліджень.

# РОЗДІЛ 1

## АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ЕТАПНОЇ РОЗРОБКИ РОДОВИЩ КОРИСНИХ КОПАЛИН

### *1.1. Аналіз досліджень та практичного досвіду з формування та конструкції тимчасово неробочих бортів кар'єрів*

Зі збільшенням глибини рудних і вугільних кар'єрів дедалі ширше впроваджується технологія ведення гірничих робіт етапами, що передбачає встановлення однієї чи кількох проміжних контурів. Виділення етапів, як правило, пов'язане із залишенням у робочій зоні кар'єру ТНБ та є гнучкою формою регулювання поточних обсягів розкривних робіт протягом тривалого періоду часу. Проміжний контур кар'єру насправді є ТНБ, що формується під крутим кутом з урахуванням тривалого його існування (15-25 років).

Для гірничодобувної промисловості виконано значну кількість досліджень та накопичився певний досвід проектування та експлуатації кар'єрів із ТНБ. Здебільшого цей досвід стосується рудних покладів. У роботі [1] для крутоспадних родовищ корисних копалин у теоретичному плані розглянуто роботу кар'єру із залишенням ТНБ, запропоновано формули для визначення його висоти, тривалості існування та необхідний час на рознесення.

Обґрунтування економічної доцільності залишення ТНБ та етапної розробки родовищ, параметрів етапів, визначення границь кар'єрів при етапній розробці, питань взаємодії гірничих робіт у кар'єрі при залишенні таких бортів, технології поновлення на них гірничих робіт, планування гірничих робіт присвячені роботи О.І. Арсентьєва, В.С. Хохрякова, А.М. Мустафіна, Н.Н. Чаплигіна та ін [2-9].

У роботах [10, 11] розглянуто умови, що визначають необхідність залишення ТНБ у кар'єрі, границі етапів, розвиток гірничих робіт у період їх створення, технологію гірничих робіт з рознесення, всілякі параметри таких

бортів та схеми переходу на циклічно-поточну технологію. Також розроблено теоретичні основи планування за такого варіанта розвитку гірничих робіт на кар'єрах.

Встановлено, що порядок формування та подальшого рознесення ТНБ визначається місцем розташування їх у кар'єрі. Виділено наступні варіанти його розташування у кар'єрі:

- вздовж контурів кар'єру;
- у торці кар'єру;
- в окремій частині робочої зони кар'єру;
- комбіноване розташування.

Між першими двома та третім варіантами є істотна відмінність. Якщо при залишенні ТНБ вздовж поздовжньої осі або в торці кар'єру він обмежений ділянками борту, то при залишенні борту на частині робочої зони він контактує з робочою зоною, яка перебуває в безперервному русі. При комбінованому розташуванні ТНБ він з одного боку обмежений постійним, а з іншого - робочим бортом. У роботах показано, що організація ТНБ у частині робочої зони кар'єру має ковзаючий характер і забезпечує гнучкіше регулювання поточних обсягів розкриву.

При розробці крутоспадних родовищ етапами основну складність, як вважають автори, становить виділення першого етапу. Для визначення границі першого етапу по глибині в цих роботах пропонуються формули, в основу яких покладено співвідношення поточного коефіцієнта розкриву на першому етапі і середнього експлуатаційного коефіцієнта розкриву за весь період відпрацювання родовища. При цьому тривалість етапу має становити щонайменше 8-12 років [12].

При відпрацюванні рудних тіл великої протяжності з крутим або похилим падінням слід виділяти етапи не тільки по глибині, а й по простяганню родовища. Як приклад розглянуто родовище кіанітових сланців, що представляє пластоподібний поклад, витриманий по простяганню та глибині. Розвідана частина простягається на 6 км у плані і на глибину 300 м. Падіння



покладу корисних копалин 35-40°. Поклад має середню горизонтальну потужність 200 м і виходить на поверхню під четвертинні відкладення. Відпрацювання родовища ведеться етапами по глибині та простяганню. Термін відпрацювання кожного етапу (всього їх 5) 10-15 років. Розвиток гірничих робіт - від середини родовища по черзі до торців поперечними заходками без траншей. На кожному етапі три видобувні горизонти. На перших етапах відпрацьовується лише частина кар'єрного поля за простяганням ТНБ розташовується в торцях кар'єру та у його робочій зоні. На кожному уступі борту залишено транспортні берми шириною 18,5 м, кут укосу становить 32° [11].

Для запропонованого порядку ведення гірничих робіт на родовищі визначено календарний графік розкривних та видобувних робіт. За цим графіком середній коефіцієнт розкриву на першому етапі дорівнює 0,10 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>, на другому – 0,42, на третьому – 0,92, на четвертому – 1,48.

У роботі [13] вперше для вугільних брахісінклінальних складок представлено технологію ведення гірничих робіт етапами з ТНБ. На відміну від рудних родовищ, за пропонованою технологією ТНБ на наступних етапах не розносяться, а поступово спрацьовуються. Для мульд середніх розмірів запропоновано методичний підхід до визначення місцезнаходження та надано можливі параметри ТНБ. У загальному вигляді автором визначено порядок ведення гірничих робіт у контурах другого етапу. Встановлено, що при забезпеченні стійкості борту гірничі роботи доцільно вести з обхватом мульди по периметру. У разі неможливості підрізання флангів кар'єрного поля по сторонах ТНБ через небезпеку зниження стійкості слід вести гірничі роботи від замку мульди у зустрічному напрямку. Принципова схема консервації обсягів гірничих робіт за рахунок формування борту представлена на рис. 1.1.

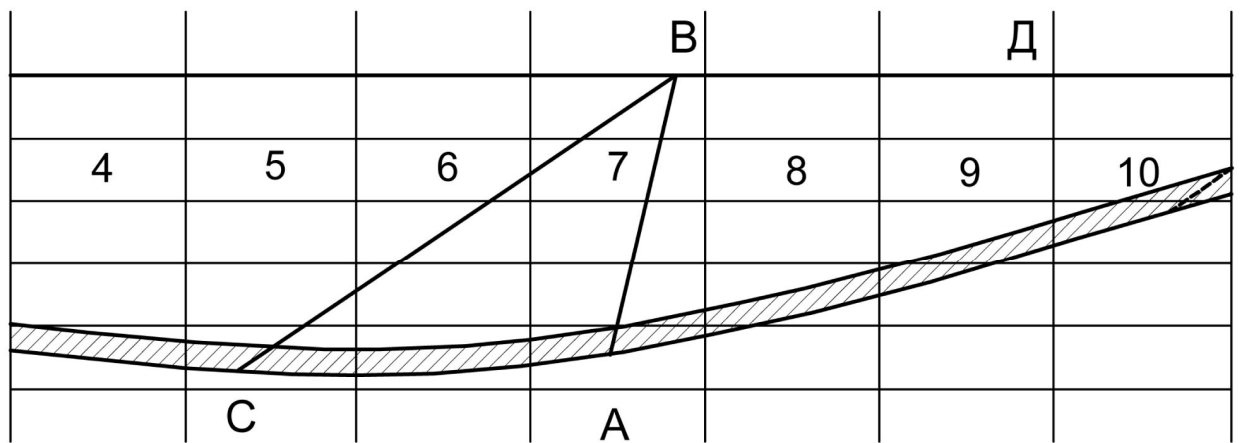


Рис. 1.1. Консервація обсягів гірничих робіт за рахунок формування ТНБ

Проведений огляд технічної літератури та практичного досвіду з технології гірничих робіт із ТНБ показує, що переважна частина робіт присвячена рудним кар'єрам. На рудних кар'єрах ТНБ споруджується в робочій зоні і зі зниженням гірничих робіт переноситься та розконсервується. На вугільних брахісинкліналях він формується на дні мульди і поступово погашається. Такі відмінності у місцезнаходження та конструкції не дозволяють перенести досвід рудних кар'єрів на вугільні розрізи.

### ***1.2. Аналіз досліджень та практичного досвіду з ведення гірничих робіт при формуванні тимчасово неробочих бортів***

У представлених джерелах інформації з розробки родовищ з використанням ТНБ приділено вкрай мало уваги існуючим способам та технологіям їх формування, можливим варіантам та порядку їх відбудови та безпосередньо технологічним схемам ведення гірничих робіт. Це пояснюється тим, що за існуючих схем етапної розробки формування борту ведеться без застосування будь-якої особливої технології ведення гірничих робіт, відбудовуючись у міру підходу гірничих робіт до його кінцевого контуру. При етапній розробці покладів формування ТНБ здійснюється на локальній ділянці та за рахунок цієї ділянки регулюється режим гірничих робіт на кар'єрі загалом для можливості розвитку робіт на нових ділянках.

У таких умовах формування ТНБ пред'являє додаткові обмеження та

вимоги до організації роботи гірничого і транспортного устаткування, як на борту загалом, так і на окремо взятих уступах. Наприклад, при підході гірничих робіт до кінцевого контуру ТНБ кут укосу при необхідних обсягах видобутку корисних копалин не дозволяє розміщувати на ньому робочі майданчики для роботи комплексів необхідної мінімальної ширини. Тому існує необхідність у розробленні певних технологічних рішень щодо ведення гірничих робіт у таких умовах.

В роботі А.І. Арсентьєва [3] досить докладно розглянуто порядок розконсервації ТНБ, визначено показники та параметри можливих схем з розвитку гірничих робіт при його відпрацьовуванні. Безпосередньо порядку формування приділено дуже мало уваги і більшість запропонованих рішень мають рекомендаційний характер, не маючи чіткого наукового обґрунтування.

Б.К. Ободенко та С.С. Аршинов у роботі [10] також приділяють чимало уваги веденню гірничих робіт з використанням ТНБ. Розглянуто технологічні схеми ведення гірничих робіт з рознесення таких бортів з використанням різного виду транспорту та робочого обладнання, проте не приділено достатньої уваги порядку та технологіям формування.

Дерябін А.А. у своїй роботі [14] пропонує варіант ведення гірничих робіт з концентрацією робочого устаткування на окремих ділянках борту (робота широкими заходками - панелями), завдяки чому з'являється можливість вести гірничі роботи під крутішим кутом укосу робочого борту. Ця технологія може бути успішно застосована для формування ТНБ.

Питаннями інтенсифікації гірничих робіт із використанням екскаваторно-автомобільних комплексів присвячені роботи Осипова Б.М. [15], Рєпіна Л.Н [16] та Сидоренко В.М. [17]. Отримані ними рекомендації щодо технологічних схем роботи гірничого та транспортного обладнання можна використовувати при організації робіт на уступах при формуванні ТНБ.

Окремі існуючі рекомендації щодо формування ТНБ мають приватний характер, а за багатьма параметрами ведення гірничих робіт відсутні взагалі. Проектування ведення гірничих робіт при формуванні ТНБ в умовах відпрацювання вугільних брахісинкліналей не має достатнього наукового обґрунтування, що може призводити до прийняття неоптимальних технічних рішень. Тому, в даний момент завдання з наукового обґрунтування рішень, що виробляються, за технологією та організацією гірничих робіт при формуванні ТНБ є актуальним, що має істотне значення для практики ведення гірничих робіт.

### ***1.3. Аналіз наукових досліджень та проектних рішень щодо порядку розробки мультіподібних родовищ***

В даний час видобуток корисних копалин відкритим способом проводиться на великих (площа земної поверхні в плані понад 120 км<sup>2</sup>), великих (площа від 30-50 до 100-120 км<sup>2</sup>) та середніх (площа до 30-50 км<sup>2</sup>) родовищах.

Великі родовища займають й величезну територію. На ній є велика кількість населених пунктів, доріг, магістралей, річок, озер, лісових угідь. Тому за соціально-географічними та гірничотехнічними (глибина залягання пластів, граничний коефіцієнт розкриву тощо) факторам повне відпрацювання запасів таких родовищ практично неможливе і встановлювати порядок відпрацювання всього родовища недоцільно.

Технологія відкритої розробки брахісинкліналей принципово нічим не відрізняється від технології розробки інших типів родовищ корисних копалин. Тому наукові дослідження, проектування та експлуатація брахісинкліналей базується на теорії відкритої розробки родовищ корисних копалин, створеної та викладеної у працях Є.Ф. Шешко, В.В. Ржевського [18], Л.Д. Шев'якова, П.І. Городецького, П.Е. Зуркова, Н.В. Мельникова [1], М.Г. Новожилова, К.Є. Вінницького, Б.А. Сімкіна, А.С. Фіделєва, А.І. Арсентьєва [2, 3, 19, 20], В.С. Хохрякова [7, 21], Б.П. Юматова [22], П.І.

Томакова, Н.А. Малишева, Е.І. Реєнтовича, К.М. Трубецького, С.А. Ільїна, Ю.С. Розмислова, В.Є. Кіковки та інших вчених [23-32]. Зокрема, В.В. Ржевським розроблено геометричний аналіз для заокруглених кар'єрних полів [33].

Технології розробки безпосередньо вугільних брахісинкліналей присвячені роботи Ржевського В.В., Томакова П.І. та Вінницького К.Є., Варійчука М.І., Терещенко О.П., Манкевича В.В., Ріделя Р.І., Супруна В.І., Мелехова Д.П., Мініахметова К.М. та інших фахівців. У роботах цих учених основну увагу приділено Екібастузькому вугільному родовищу. Ржевським В.В. та Терещенко О.П. виконано геометричний аналіз Екібастузької мульди, встановлені зміни довжини фронту гірничих робіт та можлива сумарна потужність Екібастузьких розрізів. В подальшому було обґрунтовано порядок розробки родовища з перспективою формування єдиного кар'єру за стабільного видобутку 150 млн. т корисних копалин на рік [23, 34, 35].

У роботах [36, 37], в основному стосовно Екібастузького родовища, запропоновано принципи відкритої розробки мульдоподібних покладів, порядок їх відпрацювання та визначено умови для переходу до внутрішнього відвалоутворення. Виходячи з досвіду експлуатації мульдоподібних покладів, зазначається, що найбільш ефективним способом відпрацювання покладу є прирізання нових кар'єрних полів до діючих або створення нового кар'єру на незадіяних частинах родовища. Прирізування нових кар'єрних полів, поряд із відновленням довжини фронту гірничих робіт, забезпечує можливість регулювати режим гірничих робіт. Пропонується регулювати режим гірничих робіт не тільки за рахунок прирізання нових кар'єрних полів, а й шляхом зміни кута нахилу робочого борту та навантаження на окремі кар'єрні поля.

Можливі варіанти розвитку гірничих робіт при відпрацюванні мульдоподібних покладів корисних копалин, розглянуті у роботах [30, 33]. В основу дослідження порядку розробки Талдинського родовища (розріз "Талінський"), представленого безліччю груп та окремих пластів, покладено

облік вугленасиченості різних ділянок родовища та розміщення розкривних порід по прилеглих до кар'єру площах [38, 39].

При підході гірничих робіт до граничного контуру для виключення відпрацювання покладу за повстання, запропоновано гірничі роботи вести на протилежних ділянках мульди назустріч один одному. При цьому для забезпечення стійкості робочих бортів вважається бажаним, щоб фронт робіт одного кар'єра був паралельно фронту іншого кар'єру.

Робота [40] присвячена обґрунтуванню формування техногенного рельєфу та частково ландшафту у взаємозв'язку з порядком відпрацювання великих вугільних брахісинкліналей. Зокрема встановлено, що при розробці великих асиметричних вугільних брахісинкліналей з похилим падінням пластів на крилах, найбільші обсяги внутрішніх відвальних масивів можуть бути сформовані при їх односторонньому відпрацюванні. Відповідно до виконаних досліджень порядку розвитку робочої зони, пропонується закладати кар'єри пускового комплексу на ділянках довгої осі мульди. За такого розвитку гірничих робіт автор виділяє наступні характерні етапи:

- перший етап характеризується поглибленням шарніром складки. Такий розвиток забезпечує мінімум поточних коефіцієнтів розкриву та максимальну швидкість просування гірничих робіт у зону, де може бути розпочато складування розкривних порід у виробленому просторі;
- другий етап характерний тим, що коефіцієнти розкриву на кар'єрних полях, що відпрацьовуються, починають перевищувати їх значення на полях, не залучених у відпрацювання. Необхідно прирізати нові кар'єрні поля та одночасно продовжувати поглиблення кар'єрів.

Для визначення напряму розвитку робочої зони запропоновано критерії та методи, що враховують переваги складування розкривних порід у виробленому просторі.

Конкретні рекомендації щодо порядку відпрацювання мульди з метою максимального розміщення розкривних порід у виробленому просторі дано у роботах [41, 42]. Пропонується концентрувати гірничі роботи у

південній частині родовища з частковою консервацією полів 2 та 3 кар'єру «Північний». Гірничі роботи найбільш інтенсивно рухаються з півдня на північ. При цьому центральна, найглибша частина мульди відпрацьовується на останньому етапі.

Мульди середніх розмірів у плані (від 3 до 30 км<sup>2</sup> по [43]) займають меншу площу, ніж великі. Практично у всіх проектах для середніх мульд передбачається їхнє відпрацювання одним кар'єром.

У роботі [13] розглянуто гірничо-геологічні умови великих та середніх за розмірами мульдоподібних покладів, що впливають на технологію гірничих робіт. Зокрема, зазначається, що "При розробці мульдоподібного покладу одним кар'єром при поздовжній однобортовій системі розробки частину запасів корисних копалин доводиться відпрацьовувати по повстанню пластів. Рекомендуються такі основні напрями запобігання виникненню зсувних явищ на робочому борту кар'єру:

- проведення комплексу робіт із осушення масиву гірничих порід у зоні можливого утворення зсуву;
- недопущення підрізання вугільних пластів на ділянці їх відпрацювання по повстанню, оскільки це призводить до ослаблення потенційної поверхні ковзання і може спровокувати виникнення зсуву ґрунту;
- перехід на зсувних ділянках на двосторонній розвиток гірничих робіт;
- проведення робіт із розвантаження робочого борту за рахунок проведення додаткових траншей;
- рознесення робочого борту під пологим кутом;
- недопущення великих площ бортів у зоні можливого сповзання порід за рахунок відсипання або залишення тимчасових перемичок.

У роботі [43] стверджується, що порядок розробки мульдоподібних покладів багато в чому визначається розмірами мульди в плані. Мульди невеликих розмірів розробляються одним кар'єрним полем. Великі мульди поділяються на кілька кар'єрних полів. У роботі дається опис та

характеристика наступних варіантів порядку розробки мульдоподібних покладів одним кар'єром (рис. 1.2):

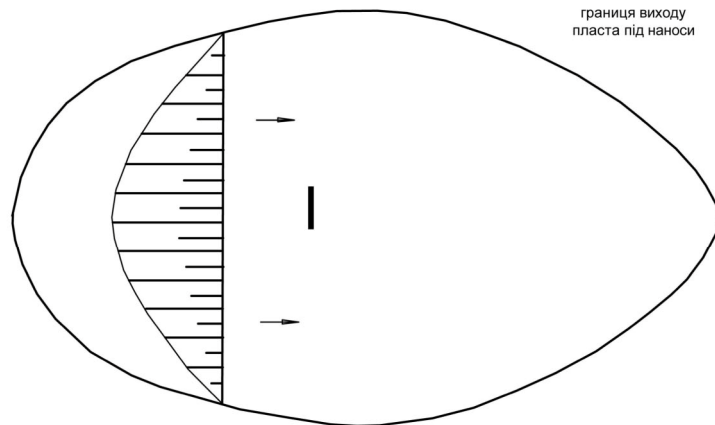
- гірничі роботи розвиваються від одного крила мульди до іншого;
- гірничі роботи ведуться двома ділянками, розташованими на двох протилежних крилах, назустріч один одному;
- гірничі роботи починаються на виходах пластів під наноси по всьому периметру мульди і рухаються до центру.

Значне у роботі місце відведено умовам і можливостям використання виробленого простору для розміщення внутрішніх відвалів. При кутах падіння пластів до  $10-12^\circ$  можливий перехід на внутрішнє відвалоутворення вже на початкових етапах розробки родовища. При великих кутах падіння пластів внутрішні відвали можуть створюватися тільки в придонній частині випуклої мульди. В цьому випадку глибина кар'єру може досягати значної величини. Для прискорення переходу на внутрішнє відвалоутворення розвиток гірничих робіт слід планувати таким чином, щоб вивільнялися в початковий період найбільші площі для їх розміщення [44]. Для визначення пріоритетних напрямів розвитку гірничих робіт слід провести районування кар'єрного поля з метою виявлення перспективних ділянок для внутрішніх відвалів.

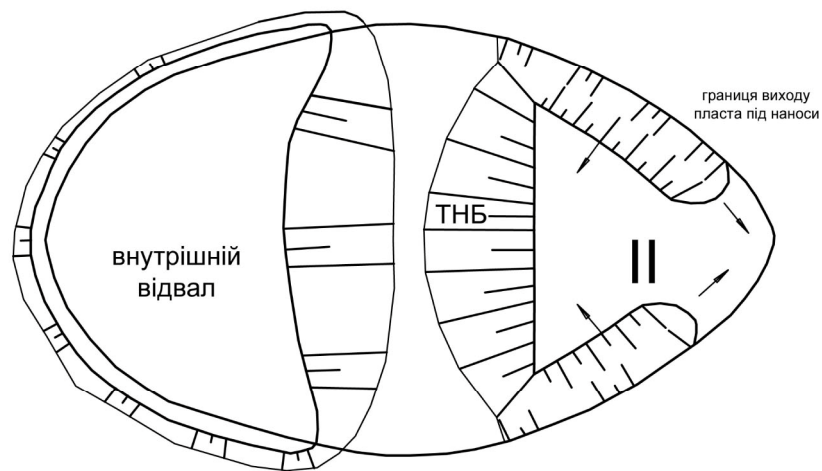
У роботі [43] вперше обґрунтовано порядок розробки вугільних покладів мульдоподібних покладів середніх розмірів при різній їх глибині одним кар'єром. Встановлено, що при глибині овальної замкнутої мульди до 120-150 м раціональною за режимом гірничих робіт є поздовжня система розробки, а при збільшенні глибини занурення брахісинкліналі – поперечна. Регулювання режиму гірничих робіт при поперечній однобортовій системі розробки слід здійснювати за допомогою випереджального розвитку флангових ділянок робочої зони кар'єру. Залучення в розробку однієї або двох флангових ділянок проводиться при підході гірничих робіт до глибини кар'єру з поточним коефіцієнтом розкриття, близьким до середнього значення за родовищем.



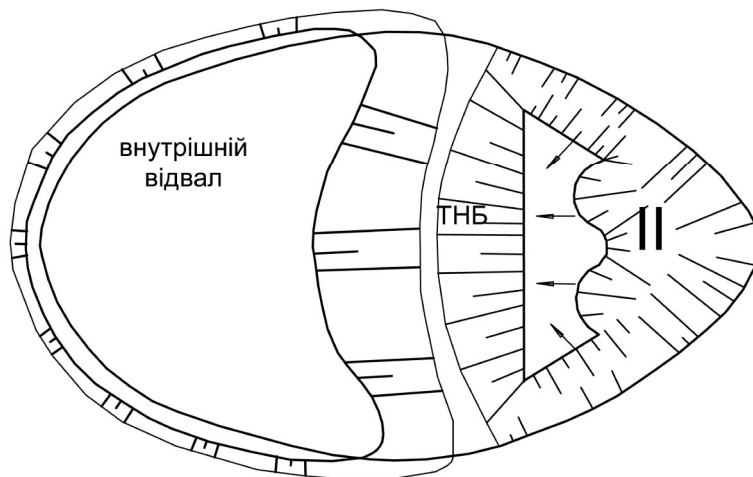
а) гірничі роботи на I етапі



б) перехід гірничих робіт до II етапу



в) гірничі роботи у II етапі



Умовні позначення

ТНБ - сформований тимчасово неробочий борт

→ - напрямок розвитку гірничих робіт

ТНБ - тимчасовий неробочий борт, що формується

I, II - етапи ведення гірничих робіт

Рис. 1.2. Порядок розробки мульдоподібного покладу одним кар'єром

Для забезпечення ефективного та безпечного ведення гірничих робіт на мульдоподібному покладі при поперечній однобортовій системі розробки на ділянці відпрацювання запасів по повстанню пласта в цій же роботі запропоновано перейти на етапну розробку зі створенням на границі переходу до другого етапу тимчасово неробочого борту (ТНБ). Формування такого борту дозволить законсервувати значні обсяги розкриву, звільнити додаткові площі для розміщення внутрішніх відвалів та за рахунок зміни інтенсивності його формування здійснювати регулювання режиму в період розвитку гірничих робіт у контурах другого етапу.

Проведений аналіз науково-технічної літератури та проектних рішень показує, що питанням технології ведення гірничих робіт на мульдоподібних покладах присвячено значну кількість робіт. Однак ці роботи відносяться до великих за розмірами родовищ. Для таких родовищ досліджено порядок розробки, режим гірничих робіт та запропоновано способи його регулювання. Але навіть для цього родовища недостатньо обґрунтовано технологію ведення гірничих робіт після досягнення ними найбільш глибокої частини.

Для середніх за розмірами родовищ у проектах визначався порядок опрацювання всього кар'єрного поля. Однак, на одних родовищах кар'єрне поле включає лише частину родовища, а на інших - мульда має відносно невелику глибину занурення з пологими кутами падіння пластів на крилах та проблеми відпрацювання запасів по повстанню пластів не існує. Для замкнутих мульд із глибиною занурення пластів понад 200-300 м досвіду ведення гірничих робіт після занурення їх до граничної глибини мульди немає.

У роботі [43] запропоновано новий, порівняно з традиційними проектними опрацюваннями, порядок відпрацювання мульдоподібних покладів середніх розмірів із глибиною занурення пласта понад 200-300 м одним кар'єром. В роботі вирішено принципові питання технології ведення гірничих робіт та надається детальне опрацювання окремих питань, необхідних для складання проекту доопрацювання запасів на родовищі.

## РОЗДІЛ 2

### ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ФОРМУВАННЯ ТИМЧАСОВО НЕРОБОЧОГО БОРТУ КАР'ЄРА

#### *2.1. Формування тимчасово неробочого борту кар'єру*

Найчастіше геологічна будова ділянки формування ТНБ є складною системою - при відносній витриманості покладу, позначки денної поверхні можуть змінюватися у широкому діапазоні [45]. Також гірничі роботи на ділянці формування ТНБ можуть вестись одночасно за декількома напрямками.

При розробці мульдоподібних покладів у центральній, донній частині мульди зосереджені основні обсяги розкриву, тоді як по краях на флангових ділянках, де вугільний пласт виходить на поверхню, вони є мінімальними. При цьому довжина фронту гірничих робіт становить до 3-4 км (на уступах з відміткою виходу пластів на поверхню) і змінюється за напрямом розвитку гірничих робіт, приймаючи максимальне значення в центральній частині та мінімальне в крайніх положеннях.

У загальному випадку коефіцієнт розкриву за період часу становить

$$k_p = \frac{Q_p}{Q_g}, \text{ м}^3/\text{т} \quad (2.1)$$

де  $Q_p$  - розроблювані за певний період часу обсяги розкриву,  $\text{м}^3$ ;  $Q_g$  - обсяги корисної копалини, що видобуваються за певний період часу, т.

Нехай ділянки формування (рис. 2.1) ТНБ гірничі роботи ведуться період  $t$ . Тоді на початковий момент об'єми розкриву, що розроблялися, і видобуті об'єми корисних копалин становили  $Q_{p \text{ поч}}$  і  $Q_{g \text{ поч}}$  відповідно. При відносній рівномірності розподілу потужності пластів, що відпрацьовуються, обсяги видобутку корисних копалин приймемо постійними. Поточний коефіцієнт розкриву при цьому становить:

$$k_{p\text{ поч}} = \frac{Q_{p\text{ поч}}}{Q_{в\text{ поч}}}, \text{ м}^3/\text{Т} \quad (2.2)$$

За період часу  $t$  об'єми розкриву, що розробляються, і видобуті об'єми корисних копалин складають  $Q_{p\text{ кінц}}$  і  $Q_{в\text{ кінц}}$  відповідно. Поточний коефіцієнт розкриву при цьому становитиме:

$$k_{p\text{ кінц}} = \frac{Q_{p\text{ кінц}}}{Q_{в\text{ кінц}}}, \text{ м}^3/\text{Т} \quad (2.3)$$

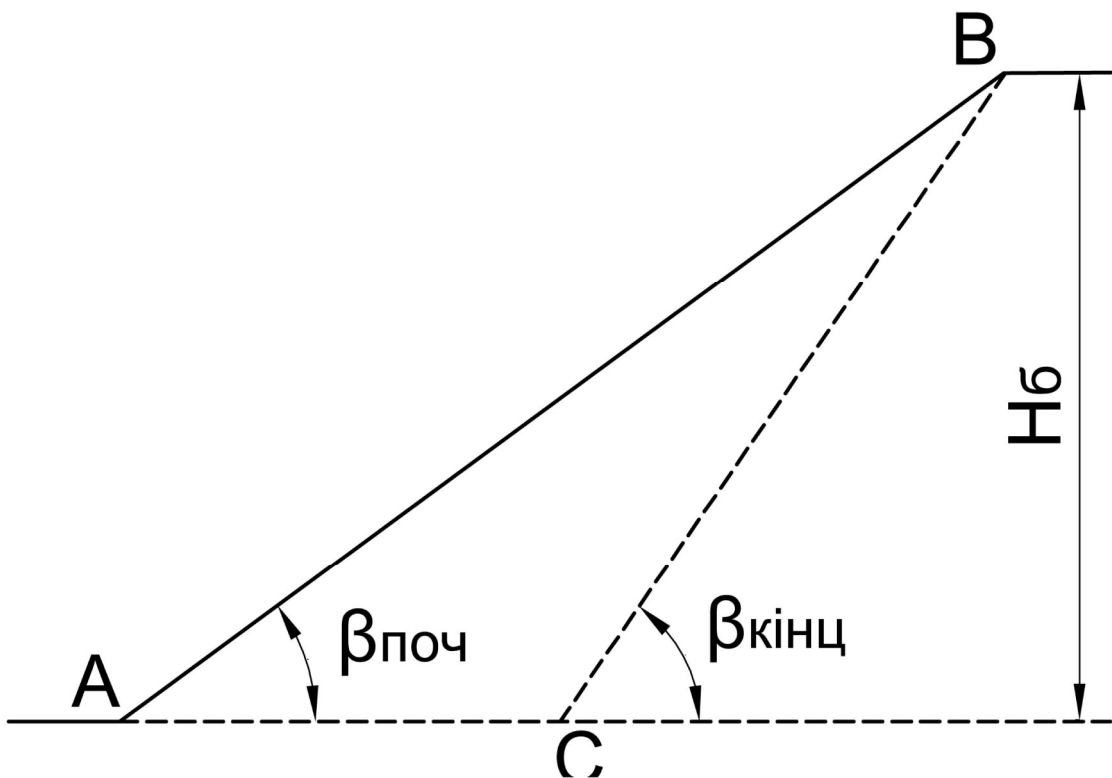


Рис. 2.1. Ділянка формування ГНБ

За відсутності різкого значного падіння або збільшення обсягів при веденні гірничих робіт за аналізований період часу  $t$  різноманіття варіантів графіків режиму визначаються різницею поточних коефіцієнтів розкриву на початок і кінець відпрацювання обсягів корисних копалин та розкриву:

$$\Delta k_v = k_{в\text{ поч}} - k_{в\text{ кінц}} \quad (2.4)$$

Виходячи з вищесказаного, графіки режиму гірничих робіт загалом можна звести до трьох основних варіантів:

За умови, що  $Q_{в\text{ поч}} = Q_{в\text{ кінц}}$ , маємо:

- спадаючий графік режиму гірничих робіт:

$$\Delta k_{\epsilon} = \frac{Q_{p \text{ поч}}}{Q_{\epsilon \text{ поч}}} - \frac{Q_{p \text{ кінець}}}{Q_{\epsilon \text{ поч}}} = \frac{Q_{p \text{ поч}} - Q_{p \text{ кінець}}}{Q_{\epsilon \text{ поч}}} < 0$$

тобто для забезпечення спадаючого графіка режиму гірничих робіт необхідно знижувати поточні обсяги розкриву;

- рівномірний графік режиму гірничих робіт:

$$\Delta k_{\epsilon} = \frac{Q_{p \text{ поч}}}{Q_{\epsilon \text{ поч}}} - \frac{Q_{p \text{ кінець}}}{Q_{\epsilon \text{ поч}}} = 0$$

тобто для забезпечення рівномірного графіка режиму гірничих робіт необхідно забезпечувати постійні поточні обсяги розкриву;

- зростаючий графік режиму гірничих робіт:

$$\Delta k_{\epsilon} = \frac{Q_{p \text{ поч}}}{Q_{\epsilon \text{ поч}}} - \frac{Q_{p \text{ кінець}}}{Q_{\epsilon \text{ поч}}} = \frac{Q_{p \text{ поч}} - Q_{p \text{ кінець}}}{Q_{\epsilon \text{ поч}}} > 0$$

тобто для забезпечення зростаючого режиму гірничих робіт необхідно нарощувати поточні обсяги розкриву.

Таким чином, графік режиму гірничих робіт можна звести до комбінації перерахованих вище. Наприклад, графіку режиму гірничих робіт представлено на рис. 2.2.

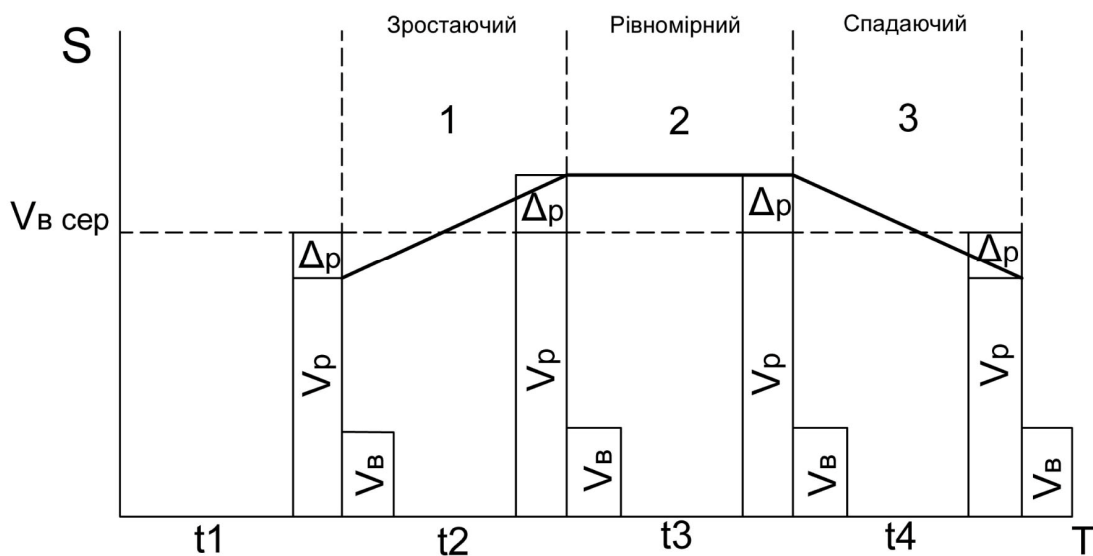


Рис. 2.2. Графік режиму гірничих робіт під час етапної розробки:

- 1 ділянка - зростаючий графік режиму гірничих робіт,  $\Delta k_{\epsilon} < 0$ ;
- 2 ділянка - рівномірний графік режиму гірничих робіт,  $\Delta k_{\epsilon} = 0$ ;
- 3 ділянка - спадаючий графік режиму гірничих робіт,  $\Delta k_{\epsilon} > 0$ ;

Для можливості ведення гірничих робіт при такому графіку режиму гірничих робіт необхідно, щоб сумарний обсяг відпрацювання обсягів розкриву та корисних копалин не перевищував загальних значень корисних копалин та розкриву по ділянці формування.

В умовах відпрацювання запасів корисних копалин середніх за розмірами покладів при поперечній системі розробки фронт гірничих робіт на уступах може мати різні значення по висоті робочої зони.

Різниця обсягів розкриву при формуванні ТНБ визначається величинами рухів фронту гірничих робіт на початок і кінець відпрацювання періоду часу  $t$  на відповідних горизонтах. Посування ж фронту гірничих робіт залежить від кутів укосу борту початку  $\beta_{поч}$  і кінець  $\beta_{кінц}$  відпрацювання частини ділянки формування борту. Довжина фронту гірничих робіт на уступах є статичною величиною і внаслідок її сталості по більшій осі мульди на коефіцієнт розкриву не впливає.

Обсяги, що відпрацьовуються за початковий період часу, з розрахунком вищезазначеного можна визначити за схемою (рис. 2.3).

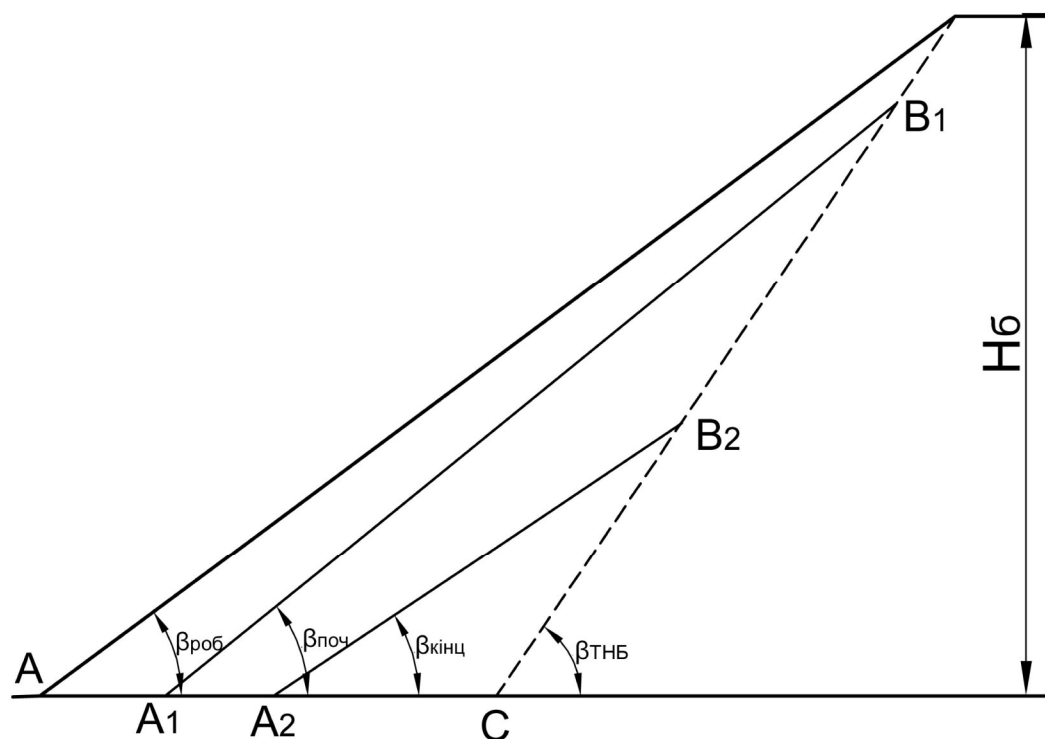


Рис. 2.3. Об'єми розкриву, що відпрацьовуються при формуванні ТНБ

Виходячи із забезпечення обсягів розкриву  $S_{в\text{поч}}$  можна визначити необхідний кут укосу робочого борту  $\beta$  (рис. 2.4).

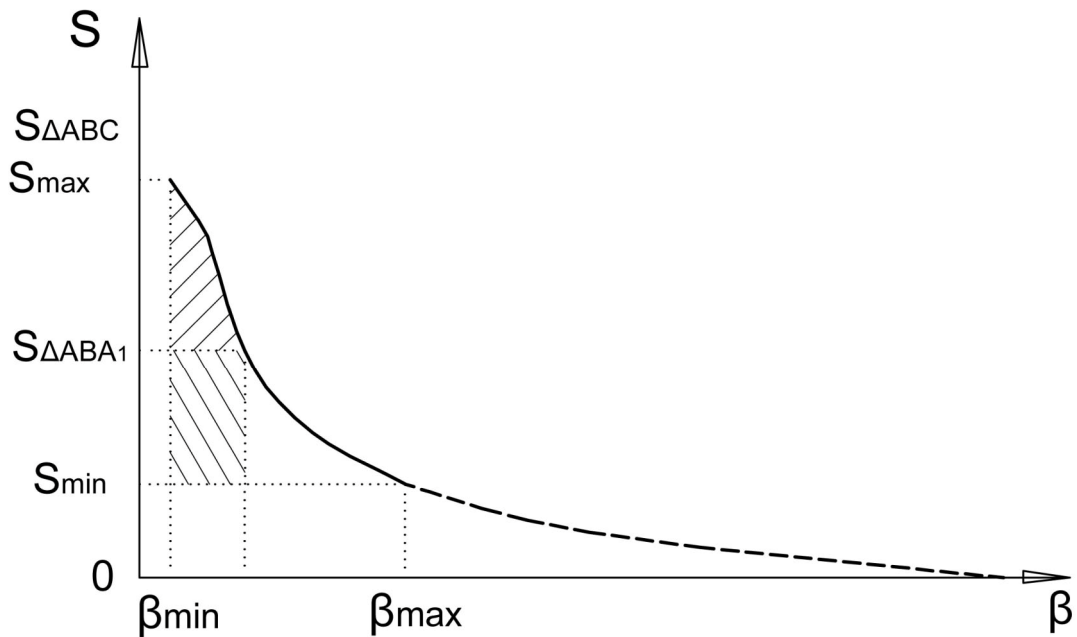


Рис. 2.4. Визначення кута укосу робочого борту

## 2.2. Обґрунтування раціонального графіка режиму гірничих робіт при формуванні тимчасово неробочого борту

Необхідні поточні обсяги гірничих робіт для формування ТНБ забезпечуються початковим і кінцевим кутами укосу робочого борту. Отримання необхідного режиму гірничих робіт для формування ТНБ досягається з допомогою цілеспрямованої зміни поточних значень кутів укосу робочого борту протягом терміну формування.

При відомому обсязі розкриву  $V_p$  та корисної копалини  $V_e$  по всій ділянці формування та відомому терміні відпрацювання запасів на ділянці  $T$  графік режиму гірничих робіт визначає необхідний розподіл обсягів гірничих робіт за терміном відпрацювання запасів.

Нехай площа поперечного перерізу ділянки формування ТНБ становить  $S$ . З неї  $S_e$  - частина площі поперечного перерізу, що займається вугільним пластом, а  $S - S_e$  - частина площі, яку займають розкривні породи.

Необхідні поточні обсяги корисних копалин та розкриву визначаються відповідними частинами поперечного перерізу ділянки формування ТНБ  $S_6$  і  $S - S_6$ , що відпрацьовані за необхідний період часу із співвідношенням, що дорівнює поточному коефіцієнту розкриву на даний момент часу відповідно до вимог режиму гірничих робіт.

На рис. 2.5 представлено зміну кута укосу робочого борту протягом усього періоду формування ТНБ  $T$ . Область можливих значень, які може набувати кут укосу робочого борту, обмежена асимптотами  $\beta'$  і  $\beta_{ТНБ}$ . Таким чином, занижуючи або завищуючи кут укосу робочого борту  $\beta_i$  можливе отримання необхідного режиму гірничих робіт.

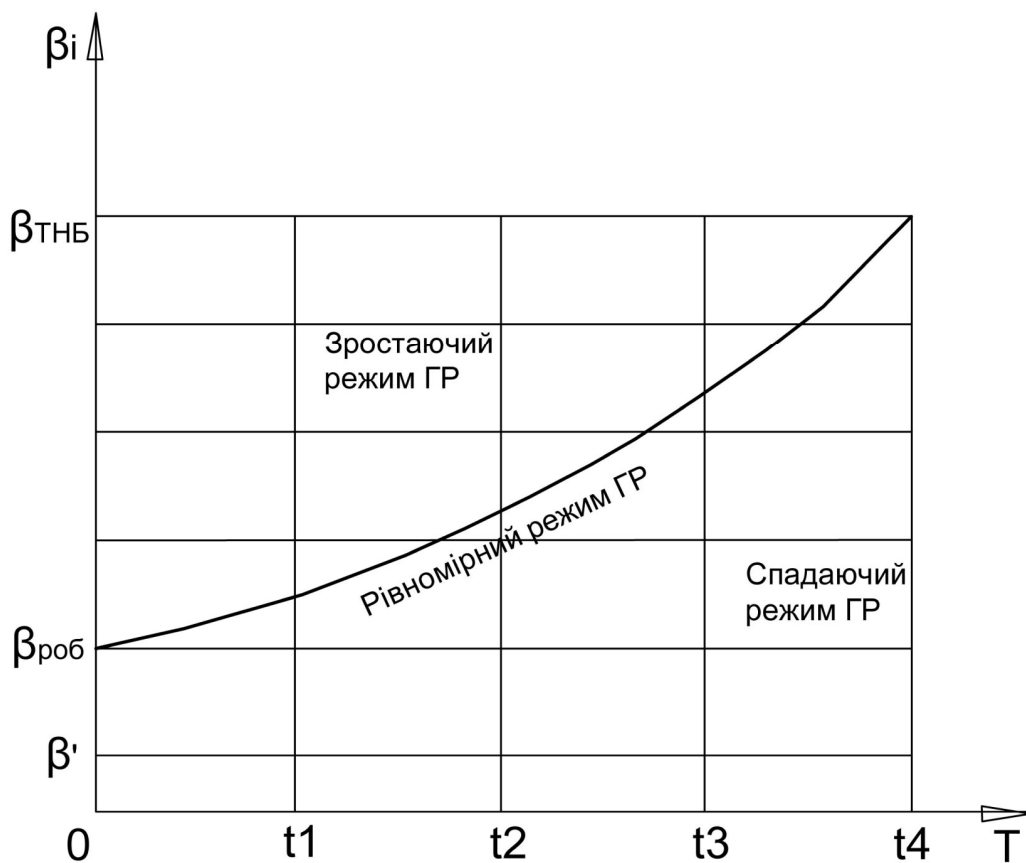


Рис. 2.5. Зміна кута укосу робочого борту протягом усього періоду формування ТНБ

При зростаючому режимі гірничих робіт з формування ТНБ мінімальні початкові об'єми розкриву, що розробляється забезпечується при максимальному куті укосу робочого борту  $\beta_{max}$ .



Максимальні кінцеві обсяги розкриву забезпечуються також при максимальному куті укосу робочого борту  $\beta_{max}$ .

При спадаючому режимі гірничих робіт з формування ТНБ максимальні початкові обсяги розкриву, що розробляється забезпечуються за мінімального кута укосу робочого борту  $\beta_{min}$ .

Мінімальні кінцеві обсяги розкриву забезпечуються також при мінімальному куті укосу робочого борту  $\beta_{min}$ .

Графік режиму гірничих робіт з гірничими роботами, що виробляються при відпрацюванні середнього за розмірами покладу корисних копалин представлений на рис. 2.6. Коефіцієнт розкриву по кар'єру в цілому ( $K_{p\text{ сер}}$ ) складає:

$$K_{p\text{ сер}} = \frac{Q_{розкр}}{Q_v \cdot \gamma}, \text{ т/рік} \quad (2.5)$$

де  $Q_{розкр}$ ,  $Q_v \cdot \gamma$  - обсяги корисних копалин та розкриву у границях кар'єру, м<sup>3</sup>;  $\gamma$  - щільність корисних копалин, м<sup>3</sup>/т.

Не розглядаючи детально розвиток гірничих робіт на розрізі можна виділити такі періоди.:

- будівництво кар'єру (1-2). У цей період здійснюється будівництво кар'єру першої черги та подальше досягнення виробничої потужності;

- період експлуатації з розвитком гірничих робіт за поперечною однобортовою системою розробки (2-4). У цей період ведеться повномасштабний видобуток корисних копалин, однак поточний коефіцієнт розкриву дільниці зростає і для регулювання режиму гірничих робіт в цілому по кар'єру залучають у відпрацювання ділянки на флангах;

- формування ТНБ (4-5). Формування ТНБ має дозволити розвинути гірничі роботи на ділянках кар'єру, що вводяться у відпрацювання, до створення необхідного видобувного фронту для підтримки обсягів корисних копалин по кар'єру в цілому.

- розвиток гірничих робіт у зустрічному напрямку та доопрацювання запасів родовища (5-6). У цей період поточний коефіцієнт розкриву по

кар'єру в цілому поступово знижується і в середньому нижче  $K_{p\text{сер}}$ .

Розвиток гірничих робіт на ділянках родовища, що вводяться, відбувається наступним чином. Розкриття горизонтів і видобуток корисних копалин при цьому ведеться з коефіцієнтом розкриття вище середнього за кар'єром в цілому на 25-30 % [46, 47]. Це зумовлюється гірничо-підготовчими роботами, пов'язаними з облаштуванням транспортних комунікацій на цій ділянці кар'єру. Поточний коефіцієнт розкриття при цьому матиме стабільно високі значення та почне падати з досягненням гірничими роботами дна (рис. 2.24). При цьому вирівняти графік режиму гірничих робіт (період 4-5) можливо за рахунок ділянки формування ТНБ, що має коефіцієнт розкриття менше, ніж у середньому за кар'єром (до  $0,75 K_{p\text{сер}}$ ) [46, 47]. На цій ділянці необхідний такий режим гірничих робіт, який з урахуванням розвитку гірничих робіт на інших ділянках забезпечить роботу кар'єра загалом у перехідний період (4-5) без зниження обсягів видобутку корисних копалин та суттєвого зростання обсягів розкриття. Це можливо при

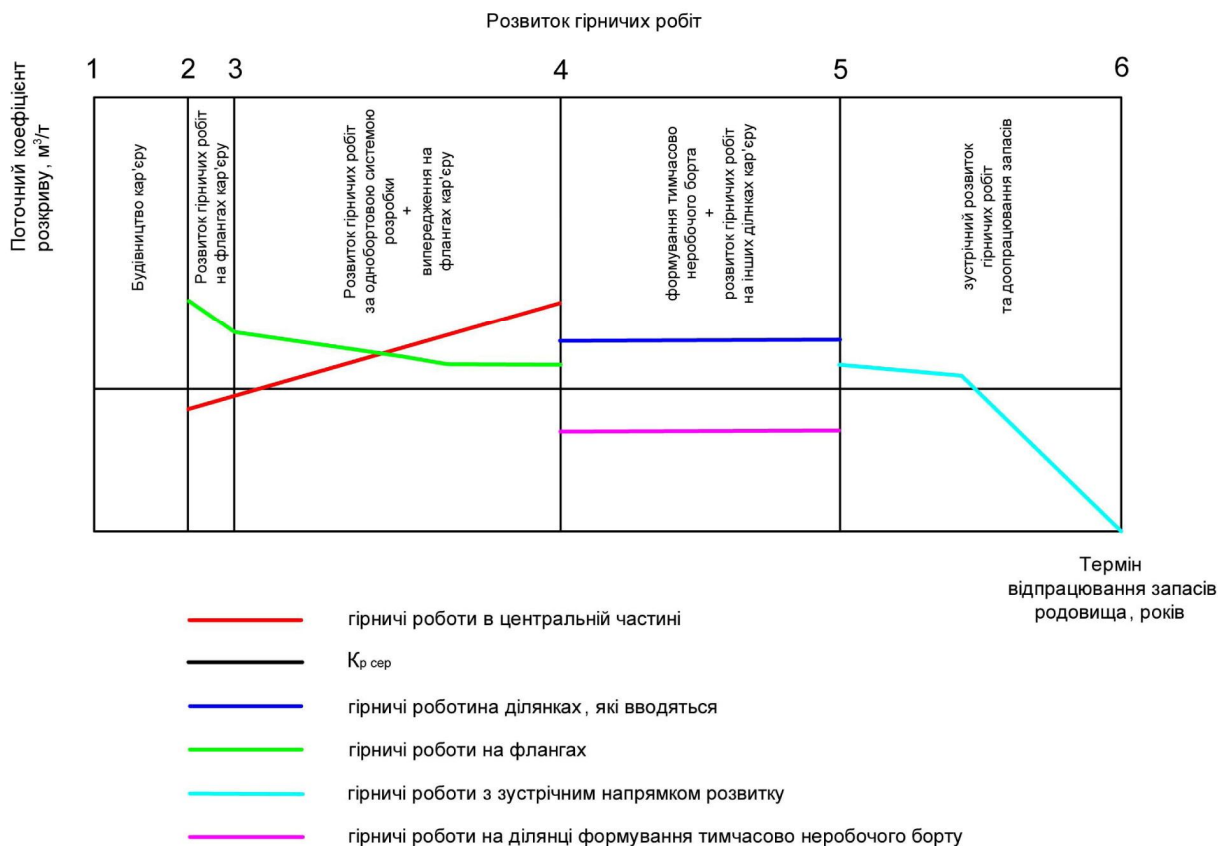


Рис. 2.6. Графік режиму гірничих робіт

підтримці постійних обсягів видобутку корисних копалин та розкриву, що відпрацьовується – при рівномірному режимі гірничих робіт на ділянці формування ТНБ. Також відносно постійні поточні обсяги гірничих робіт на ділянці формування ТНБ дозволяють мати постійну кількість та склад комплексів гірничого та транспортного обладнання та за необхідності такий графік режиму гірничих робіт легко трансформується у спадаючий або зростаючий. Так, для отримання рівномірного графіка режиму гірничих робіт на ділянці формування ТНБ необхідне дотримання умови (2.1).

### ***2.3. Дослідження технологічних схем ведення гірничих робіт на уступах при формуванні тимчасово неробочого борту кар'єру***

Поточні обсяги розкриву та корисної копалини, що диктуються необхідним режимом гірничих робіт, можуть значно відрізнятись протягом усього терміну формування ТНБ. При цьому кут укосу робочого борту на ділянці формування, що визначається виходячи з потреби на певний період часу в гірничій масі, також може набувати різних значень. Водночас потреба у гірничій масі визначає склад та кількість комплексів необхідного гірничого обладнання. Продиктовані таким чином необхідні поточні кути укосу робочого борту не завжди можливо забезпечити при роботі комплексів із залишенням на кожному уступі робочих майданчиків нормальної ширини.

У той же час на ряді розрізів [14] з успіхом використовується технологія гірничих робіт із спільною розробкою суміжних уступів при спареному розміщенні екскаваторів. Сутність даної технології полягає в наступному: у межах технологічної зони створюється один робочий майданчик, шириною, що забезпечує сприятливі умови для роботи гірничого та транспортного обладнання, а на інших уступах залишаються лише транспортні берми (рис. 2.7). Уступи групи відпрацьовують послідовно в низхідному порядку. Дана технологія забезпечує концентрації гірничого обладнання та інтенсивне ведення гірничих робіт при значному куті укосу борту кар'єру, і може бути застосована для формування ТНБ. Для збільшення

кута укосу робочого борту при формуванні борту можливе застосування маятникового руху транспорту на уступах, що відпрацьовуються, так як у цих випадках ширина робочого майданчика істотно знижується за рахунок відсутності транспортної смуги. З урахуванням вищевикладеного можливі такі варіанти ведення гірничих робіт на групі уступів, що спільно відпрацьовуються [48]:

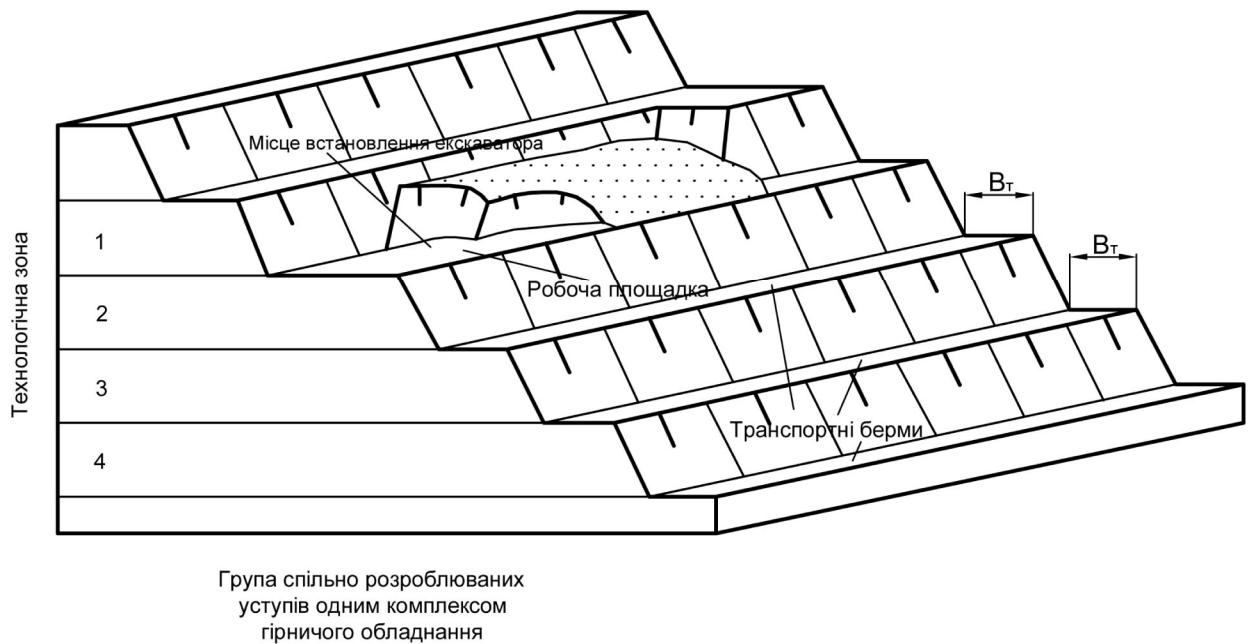


Рис. 2.7. Відпрацювання групи суміжних уступів окремим екскаваторно-автомобільним комплексом

- технологічна схема розробки групи суміжних уступів одним екскаватором при маятниковому русі автосамоскидів (технологічна схема №1);
- технологічна схема розробки групи суміжних уступів при груповій роботі двох і більше екскаваторів та маятниковому русі автосамоскидів (технологічна схема №2);
- технологічна схема розробки групи суміжних уступів при двосторонньому встановленні екскаваторів та маятниковому русі автосамоскидів (технологічна схема №3);
- технологічна схема розробки групи суміжних уступів при двосторонній установці екскаваторів (два або більше з одного боку та один з

іншого) та маятниковому русі автосамоскидів (технологічна схема №4);

- технологічна схема розробки групи суміжних уступів при двосторонній груповій установці двох та більше екскаваторів з кожного боку та маятниковому русі автосамоскидів (технологічна схема №5).

При формуванні ТНБ необхідний режим забезпечується посуванням фронту гірничих робіт на уступах, яке визначається кількістю гірничого та транспортного обладнання, задіяного на гірничих роботах. Необхідні посування фронту робіт за період часу розподіляються на поперечному перерізі ділянки формування згідно з поточним кутом укосу борту в даний момент.

При використанні технології спільного відпрацювання групи суміжних уступів, інтенсивність формування залежить як від числа уступів у технологічній зоні, що формується, так і протяжності фронту гірничих робіт на уступах. Таким чином, здійснюючи групування уступів у технологічні зони для спільного відпрацювання за пропонованими технологічними схемами №№1-5 за відомих необхідної кількості гірничого обладнання та протяжності фронту гірничих робіт на уступах можливо забезпечити необхідну інтенсивність формування ТНБ у певний період (рис. 2.8).

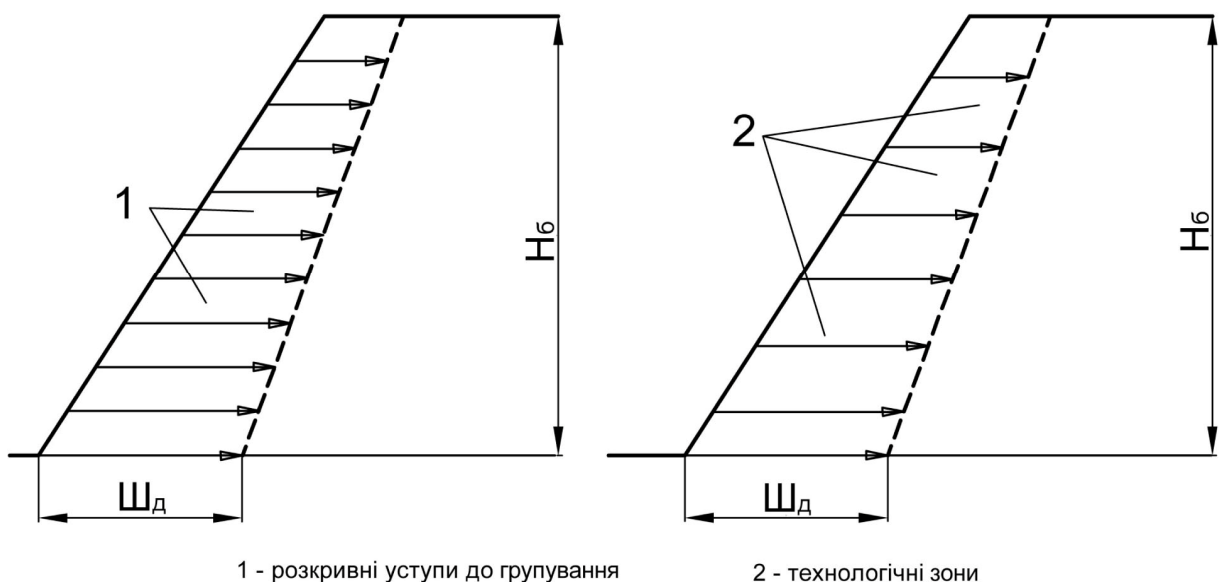


Рис. 2.8. Об'єднання уступів у технологічні зони для спільного відпрацювання за пропонованими технологічними схемами ведення гірничих робіт.

При відпрацюванні групи суміжних уступів з використанням пропонувані технологічних схем ведення робіт № 1-5 з формування тимчасово неробочого борту швидкість руху фронту гірничих робіт в отриманій технологічній зоні буде дорівнювати:

$$V_{\phi \text{ cep}} = \frac{\sum_{n=1}^N Q_{e.n}}{H_y \sum_{j=1}^m L_{\phi j}}, \text{ м/рік} \quad (2.6)$$

де  $Q_{en}$  - річна продуктивність n-го екскаватора, що входить до комплексу при спільній розробці групи суміжних уступів, м<sup>3</sup>/рік;  $N$  - кількість екскаваторів, що входять до комплексу;  $H_y$  - висота уступу, м;  $L_{\phi j}$  - довжина фронту гірничих робіт на у-му уступі, що спільно розробляється, м;  $m$  - кількість спільно розроблюваних уступів комплексом обладнання.

Так, наприклад, традиційна схема ведення гірничих робіт із залишенням на уступах майданчиків нормальної ширини забезпечується при відпрацюванні одного уступу комплексом екскаваторів для досягнення на ньому необхідної швидкості просування фронту гірничих робіт.

З виразу (2.6) випливає, що склад комплексу екскаваторів впливає на швидкість руху фронту гірничих робіт. Найчастіше на гірничих підприємствах парк гірничих машин представлений кількома типорозмірами екскаваторів, що диктується спектром завдань. Ділянка формування ТНБ не єдина на кар'єрі та склад комплексів, зайнятих на роботах при формуванні борту, може бути досить різноманітним. Величина  $\sum_{n=1}^N Q_{e.i}$  характеризує загальну продуктивність комплексу екскаваторів, зайнятого під час відпрацювання групи уступів. У такому випадку для визначення надалі необхідної кількості екскаваторів можливе використання продуктивності якогось базового екскаватора  $Q_{\phi}$ , звівши продуктивність інших до  $Q_{\phi}$  через еквівалентний множник. Наприклад, при базовому екскаваторі ЕКГ-10 з продуктивністю в поточних умовах  $Q_{\phi} = 650 \text{ м}^3/\text{год}$ , еквівалентний множник

для задіяних при формуванні екскаваторів ЕКГ-15 з продуктивністю в поточних умовах  $Q_b = 980 \text{ м}^3/\text{год}$  дорівнюватиме:

$$n_e = \frac{Q_{ЕКГ-15}}{Q_{ЕКГ-10}} = \frac{980}{650} = 1,5$$

Робота екскаваторів різної продуктивності за пропонованими схемами №1-5 для відпрацювання уступів при формуванні ТНБ передбачає ряд обмежень для екскаваторів, що використовуються в них.

Робота комплексу за технологічною схемою №1 передбачає наявність на уступі, що відпрацьовується, всього одного екскаватора. Єдине обмеження при даній технологічній схемі це можливість відпрацювання уступу цим екскаватором, тобто його максимальна висота черпання повинна бути не меншою за висоту розвалу гірничих порід, дозволяючи відпрацьовувати підірваний масив.

Робота комплексу за технологічною схемою №2 передбачає наявність на уступі, що відпрацьовується, двох і більше екскаваторів при спареній їх установці. Спарена установка екскаваторів передбачає роботу екскаваторів у парі, тобто рух вибою у кожного екскаватора за рівний проміжок часу має бути однаковим.

Таким чином, рівномірна спарена робота різних за продуктивністю екскаваторів забезпечується необхідним коригуванням площі поперечного перерізу заходок відповідних екскаваторів в залежності від їх продуктивності.

Робота комплексу за технологічною схемою №3 передбачає наявність на уступі, що відпрацьовується, не менше двох екскаваторів. Як і для схеми №1, максимальна висота черпання екскаваторів повинна бути не меншою за висоту розвалу гірничих порід, дозволяючи відпрацьовувати підірваний масив. Двостороння установка екскаваторів передбачає однакову ширину блоку, що вибухає, на всій протяжності фронту гірничих робіт. При однаковій ширині блоку, що вибухає, екскаватор з меншою продуктивністю буде мати менші темпи просування вибою, і за однаковий період часу вони

відпрацюють різні величини фронту гірничих робіт. Отже, розподіл фронту гірничих робіт між машинами має здійснюватися з урахуванням їхньої продуктивності.

Таким чином, при двосторонній установці різних за продуктивністю екскаваторів фронт гірничих робіт розподіляється залежно від їхньої продуктивності.

Робота комплексу за технологічною схемою №4 передбачає наявність на уступі, що відпрацьовується, трьох і більше екскаваторів при двосторонній установці - декількох при спареній установці з одного боку і одного екскаватора з іншого. Дана технологічна схема включає обмеження спарених і двосторонніх схем. З одного боку, двостороннє встановлення екскаваторів передбачає однакову ширину вибухового блоку на всій протяжності фронту гірничих робіт і одночасно у екскаваторів у парі посуванні вибою за рівний проміжок часу має бути однаковим.

Таким чином, при роботі комплексу за технологічною схемою №4 розподіл фронту гірничих робіт необхідно проводити, розглядаючи спарене встановлення екскаваторів як один з продуктивністю, що дорівнює сумарній продуктивності машин, що працюють спарено. Ширина вибухового блоку для всіх машин приймається рівною ширині блоку, що вибухає, для спареного встановлення екскаваторів.

Робота комплексу за технологічною схемою №5 передбачає наявність на уступі, що відпрацьовується, чотирьох і більше екскаватора при двосторонньому встановленні - по кілька при спареному встановленні з двох боків. Дана технологічна схема, як і схема №4, включає обмеження спарених і двосторонніх схем. З одного боку, двостороннє встановлення екскаваторів передбачає однакову ширину вибухового блоку на всій протяжності фронту гірничих робіт і одночасно у екскаваторів у парі посування вибою за рівний проміжок часу має бути однаково.

Таким чином, при роботі комплексів за технологічною схемою №5 розподіл фронту гірничих робіт необхідно здійснювати, розглядаючи спарене



встановлення екскаваторів як один з продуктивністю, що дорівнює сумарній продуктивності машин, що працюють у групі та враховуючи варіанти встановлення екскаваторів. Ширина вибухового блоку для всіх машин приймається однаковою:

- ширині блоку, що вибухає, будь-якої із спарених установок екскаваторів при симетричній схемі;
- ширині вибухового блоку для спареної установки екскаваторів з більшою продуктивністю при асиметричній схемі.

Представивши сумарну продуктивність екскаваторів у комплексі, використовуючи введену базову продуктивність екскаватора в комплексі, отримаємо наступний вид виразу (2.6):

$$v_{\phi \text{ сер}} = \frac{\sum_{i=1}^N n_{e.б} \cdot Q_{e.б}}{H_y \sum_{j=1}^m L_{\phi j}}, \text{ м/рік} \quad (2.7)$$

Залежність швидкості руху фронту гірничих робіт від сумарної довжини фронту  $\sum_{j=1}^m L_{\phi j}$  при формуванні борту із спільною розробкою групи уступів комплексами екскаваторів із базовою ( $Q_{e.б}$ ) продуктивністю одного екскаватора у комплексі 2500 м<sup>3</sup>/год (криві, позначені пунктирною лінією) і 4500 м<sup>3</sup>/год (криві, позначені прямими лініями) під час роботи за пропонованими технологічними схемами ведення робіт № 1-5 представлено на рис. 2.9.

З рис. 2.9 видно, що зміна швидкості руху фронту гірничих робіт у групі спільно відпрацьовуваних уступів можна досягти наступними шляхами:

- для збільшення швидкості просування фронту робіт:
  - ❖ збільшенням продуктивності комплексу - збільшенням  $n$ , що досягається або встановленням більш продуктивних екскаваторів, або збільшенням кількості екскаваторів у комплексі;

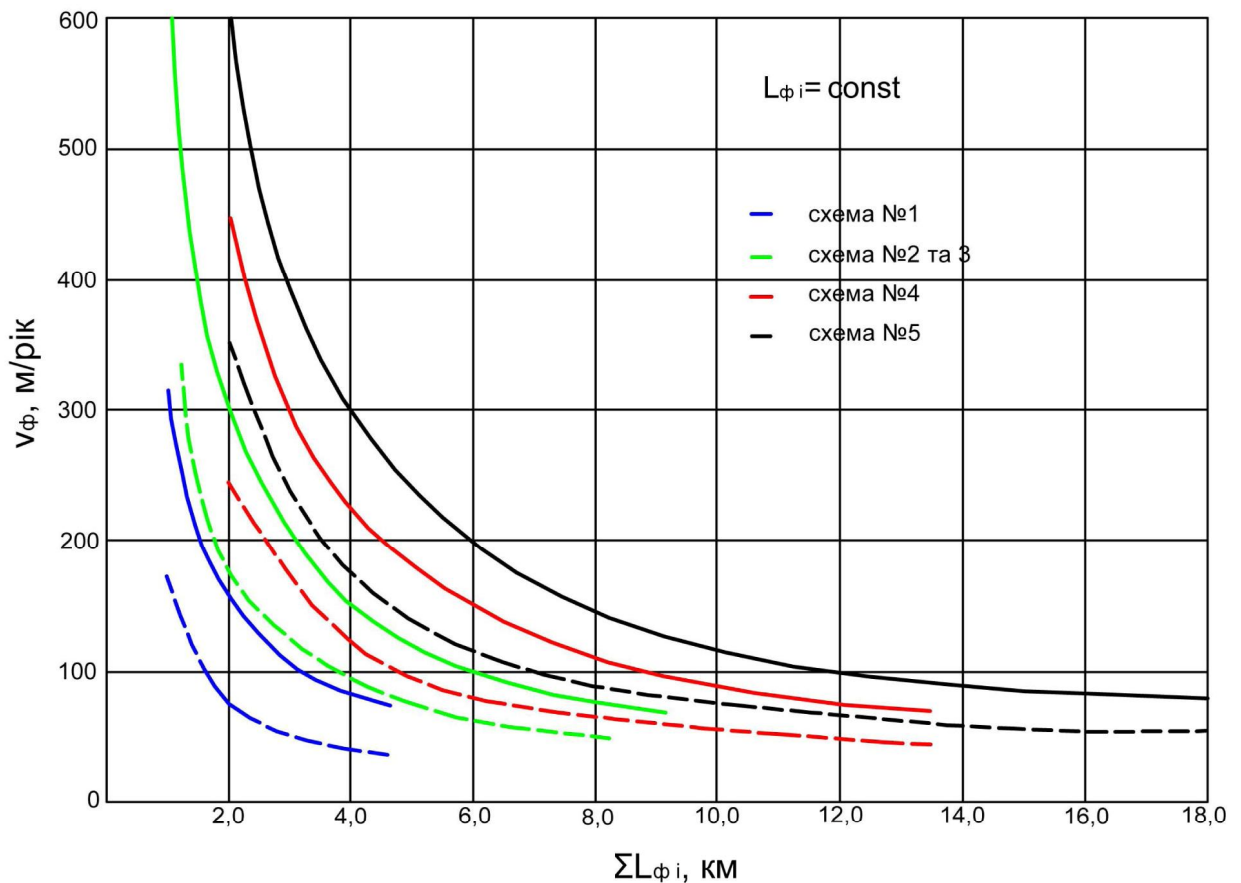


Рис. 2.9. Залежність середньої швидкості руху фронту гірничих робіт від сумарної довжини фронту в технологічній зоні при використанні в комплексі екскаваторів ЕКГ (лінії - -) та САТ (лінії -)

- ❖ зменшенням сумарної протяжності фронту гірничих робіт на комплекс обладнання - зміною числа спільно відпрацьованих уступів одним комплексом.
- для зменшення швидкості руху фронту робіт:
  - ❖ зниженням продуктивності комплексу - зменшенням  $n_e$ , що досягається або встановленням менш продуктивних екскаваторів, або зменшенням кількості екскаваторів у комплексі;
  - ❖ збільшенням сумарної протяжності фронту гірничих робіт на комплекс обладнання - зміною числа спільно відпрацьовуваних уступів одним комплексом.

Збільшення продуктивності комплексу також можна досягти за рахунок зміни організації робіт на уступі. Так, наприклад, встановлення сучасних гідравлічних прямих лопат з ідентичною продуктивністю та робочими параметрами дозволить уникнути простоїв обладнання, пов'язаних із перепідключенням екскаваторів до ліній ЛЕП. Збільшення ж загальної кількості екскаваторів у комплексі також має межі. Так, у роботі [14] встановлено, що раціонально встановлювати не більше 2 екскаваторів при одночасному відпрацюванні однієї панелі. При одночасному встановленні 3 екскаваторів продуктивність окремо взятого екскаватора істотно знижується. Використання вищенаведених заходів як у комплексі, так і окремо використовуючи виявлені вище закономірності, дозволить досягти необхідного значення швидкості руху фронту гірничих робіт.

Слід зазначити, що кут укосу робочого борту та інтенсивність його формування взаємопов'язані. Прагнучи забезпечити наскільки можна більш крутий кут укосу робочого борту протягом періоду формування для отримання необхідного режиму гірничих робіт, слід враховувати можливість забезпечення при цьому необхідної інтенсивності формування ТНБ в цей період [49]. Виходячи з розташування майданчиків і берм (рис. 2.10), кут укосу робочого борту при спільному відпрацюванні групи суміжних уступів з використанням пропонованих технологічних схем ведення гірничих робіт з формування борту буде дорівнювати:

$$\beta_p = \operatorname{arctg} \left[ \frac{H_6}{A_T + A_{III} + H_y \cdot N \cdot \operatorname{ctg} \alpha_p} \right], \text{ град} \quad (2.8)$$

$$A_{III} = N_{k1} \cdot III_1 + N_{k2} \cdot III_2 + N_{k3} \cdot III_3 + N_{k4} \cdot III_4 + N_{k5} \cdot III_5$$

$$A_T = (N - (N_{k1} + N_{k2} + N_{k3} + N_{k4} + N_{k5})) T_{np}$$

де  $T_{np}$  - ширина транспортної смуги, м;  $III_1, III_2, III_3, III_4, III_5$  - ширина робочого майданчика комплексу гірничого обладнання, що працює за технологічною схемою 1, 2, 3, 4 та 5 відповідно, м;  $N_{k1}, N_{k2}, N_{k3}, N_{k4}, N_{k5}$  - кількість комплексів гірничого обладнання, що працюють за технологічними

схемами 1, 2, 3, 4 та 5 відповідно, шт;  $H_6$  - висота формуємого ТНБ, м;  $\alpha_p$  - кут укосу робочого уступу, град;  $N$  - кількість уступів при формуванні ТНБ.

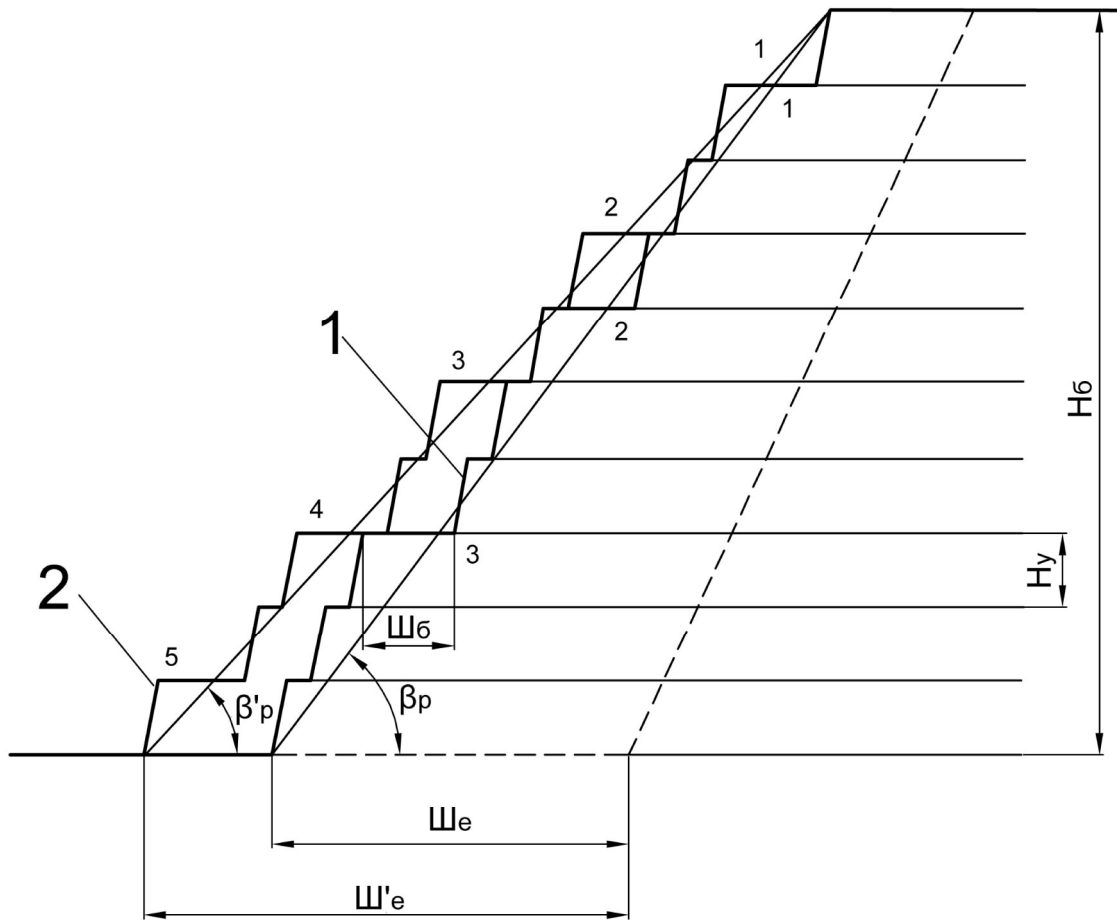


Рис. 2.10. Зменшення кута укосу робочого борту зі збільшенням числа комплексів гірничого устаткування, зайнятого на формуванні ТНБ:

- 1 - робочий борт із 3 робочими майданчиками;
- 2 - робочий борт із 5 робочими майданчиками

З виразу (2.7) видно, що збільшення інтенсивності формування тимчасово неробочого борту ( $v_{фсер}$ ) за певний період (збільшення швидкостей просування фронту гірничих робіт у профілі борту) можна досягти за рахунок збільшення загальної кількості гірничого обладнання, зайнятого на його формуванні ( $N$ ). З виразу (2.8) видно, що збільшення загальної кількості комплексів гірничого обладнання, зайнятого на

формуванні ( $N_k$ ) призводить до зменшення кута укосу робочого борту ( $\beta_p$ ) у цей період часу.

Використовуючи на гірничих роботах при формуванні ТНБ для відпрацювання поточних обсягів комплексів з більшою одиничною потужністю, знижуючи їх загальне число, можливе забезпечення більш крутих кутів укосу, які потребує режим гірничих робіт (рис. 2.11). Так, при використанні у якості основного виймального обладнання екскаваторів ЕКГ заміна їх на екскаватор САТ, що має подібні робочі параметри, дозволить вести формування ТНБ при більш крутих кутах укосу робочого борту, забезпечуючи необхідні поточні обсяги гірничих робіт.

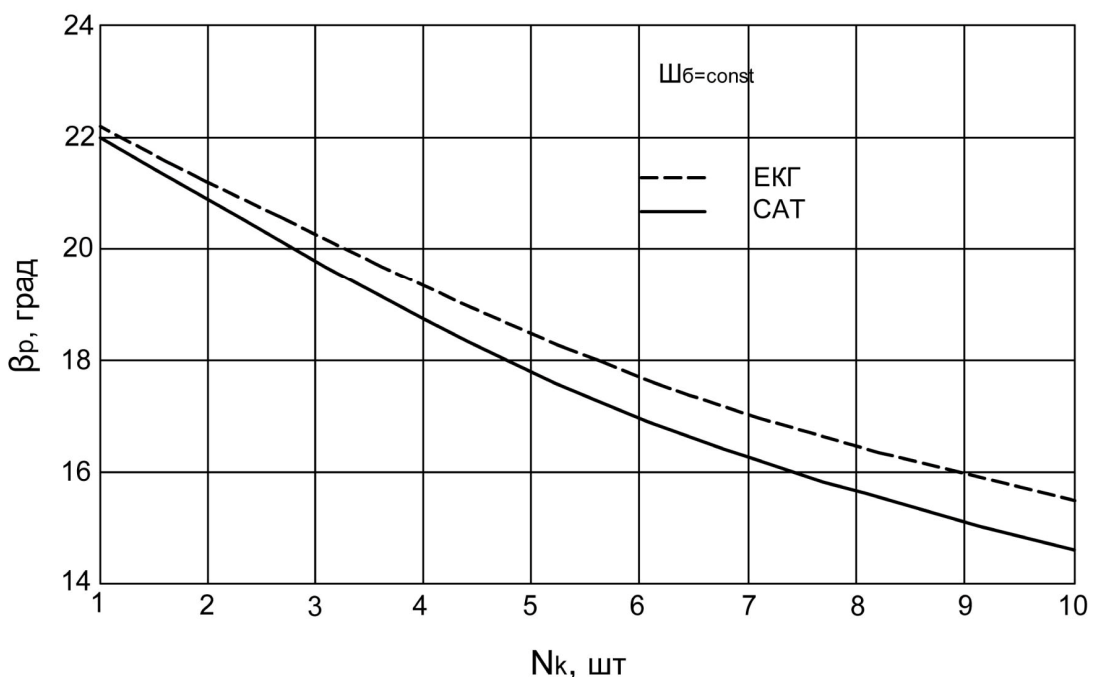


Рис. 2.11. Залежність максимального кута укосу робочого борту ( $\beta_p$ ) від числа комплексів гірничого обладнання ( $N_k$ ), зайнятого на формуванні тимчасово неробочого борту

При необхідності керування режимом гірничих робіт для досягнення необхідних об'ємів корисної копалини та розкриття кут укосу робочого борту може коригуватися зміною ширини робочого майданчика.

Отримане загальне збільшення ширини робочих майданчиків ( $\Delta_n^0$ ) розподіляється за робочими майданчиками  $\Delta_{nk}^0$  існуючої розстановки за профілем борту (рис. 2.12), досягаючи таким чином необхідного кута укосу на даному періоді його формування.

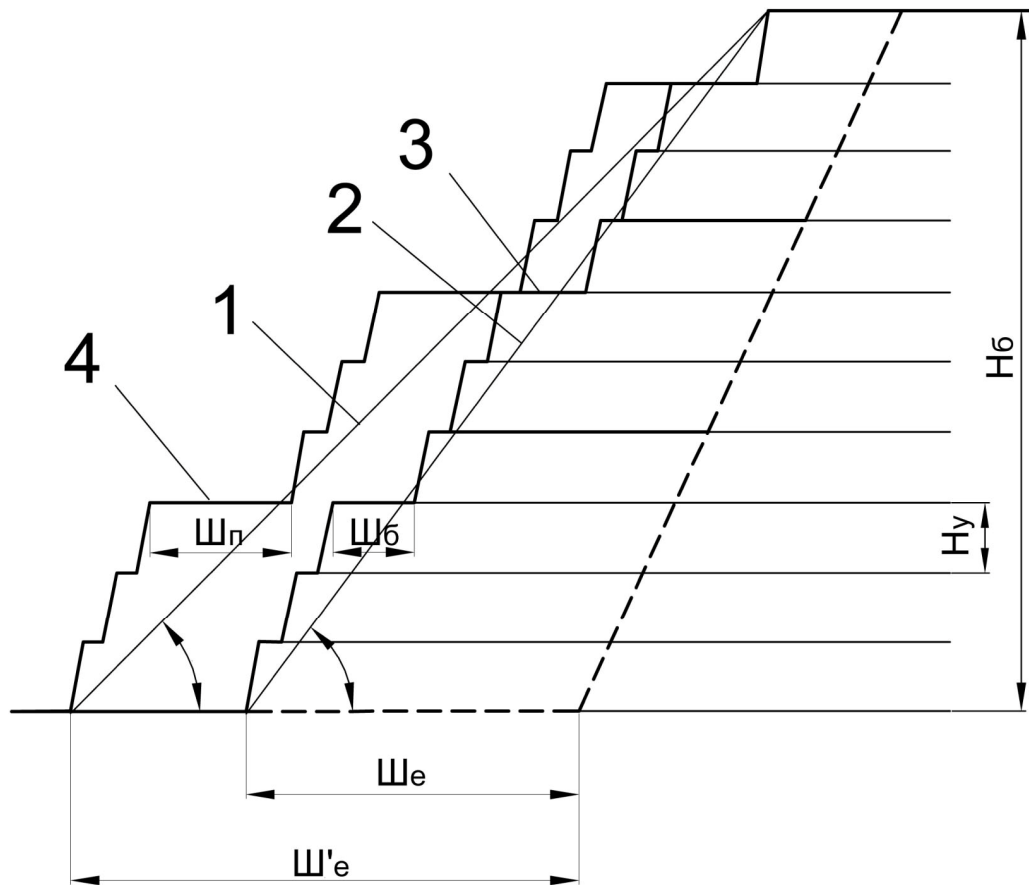


Рис. 2.12. Зміна кута укосу ТНБ, що формується, коригуванням ширини робочого майданчика:

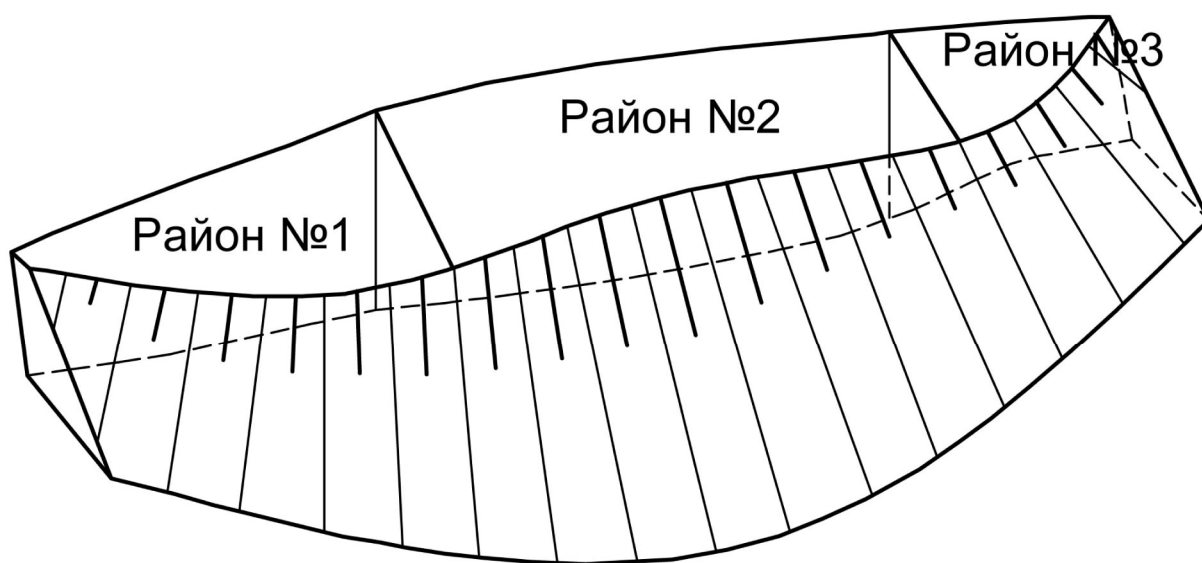
1 - кут укосу формованого борту до зміни; 2 - кут укосу борту, що формується, після зміни; 3 - базова ширина робочого майданчика; 4 - змінена (фактична) ширина робочого майданчика

#### **2.4. Геометризація та визначення параметрів ділянки формування тимчасово неробочого борту**

Формування ТНБ передбачає відпрацювання певного обсягу розкривних порід та корисних копалин за необхідний період часу. Найчастіше геологічне будова ділянки формування такого борту є складною системою зі значними коливаннями, як висотних позначок денної поверхні, так і позначок ґрунту чи покрівлі пласта у різних частинах. Визначення обсягів гірничих робіт шляхом побудови одного характерного перерізу в якомусь місці ділянки та подальшого перемноження отриманого посування

фронту гірничих робіт у профілі на довжину фронту відповідного горизонту недоцільно через величезну похибку вимірювань [49].

Виходом у таких випадках може стати варіант визначення обсягів гірничих робіт, у якому вся ділянка формування ТНБ ділиться на характерні райони, в яких спостерігається умовна відносна рівномірність висоти робочої зони, довжини фронту гірничих робіт по горизонтах, величина посування фронту гірничих робіт, обсягів розкриву та корисної копалини в його границях. Прикладом такого поділу є ділянка формування борту, яка представлена на рис. 2.13.



Начальне положення гірничих робіт

Рис. 2.13. Виділення характерних районів на ділянці формування ТНБ

Необхідна мінімальна кількість перерізів ділянки визначається з можливості її геометричного опису з необхідним рівнем похибки. При цьому районом формування ТНБ буде область масиву гірничих порід, обмежена з одного боку побудованими характерними перерізами, з іншого - ґрунтом пласта та денною поверхнею масиву розкриву, з третьою - початковим та кінцевим положеннями гірничих робіт.

При відомих параметрах (висота по районах, довжина фронту гірничих робіт по горизонтах) формованого ТНБ залежно від вимог, що висуваються, щодо термінів, параметри технології будуть істотно змінюватися, а термін формування визначає необхідну швидкість просування

фронту гірничих робіт. Так, зміна середньої річної швидкості руху фронту гірничих робіт по корисній копалині призводить до істотної зміни поточних кутів укосу при формуванні ТНБ на кінець кожного року, що розглядається. У той же час, забезпечення таких кутів укосу визначає необхідну кількість комплексів і технологічних зон на борту, що формується. [49, 50].

При максимальній висоті ділянки формування борту 345 м, висоті уступу 15 м, максимальній - 3 км і мінімальній 0,5 км протяжності фронту гірничих робіт на уступах даної ділянки, маємо наступну картину розподілу необхідного кута укосу борту по роках залежно від терміну формування тимчасово неробочого борту (рис. 2.14).

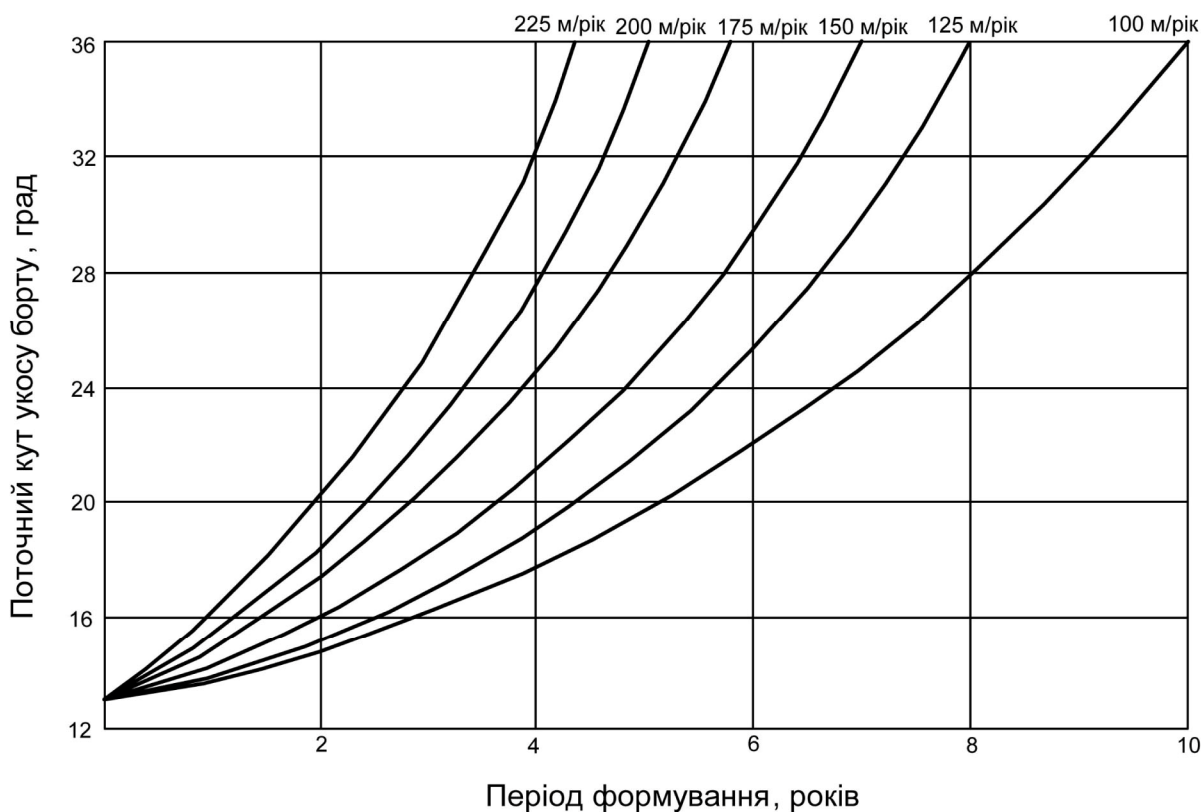


Рис. 2.14. Зміна кута укосу борту в залежності від терміну формування тимчасово неробочого борту

Через різницю між кутом укосу ТНБ (32-38°) та максимально можливих кутах робочого борту при його формуванні за розробленими технологічними схемами (до 22-26°) створюється стрибок у графіку режиму гірничих робіт, викликаний додатковими обсягами розкриття. Декількома



проведеними розрахунками встановлено, що розвиток гірничих робіт на ділянках формування тимчасово неробочого борту різних родовищ з висотою борту, що формується, від 190 до 420 метрів відбувається з наступними стрибками значень поточного коефіцієнта розкриву (табл. 2.1). При виконанні даного дослідження також з'ясовано, що на величину стрибка в графіці режиму гірничих робіт не впливає швидкість руху фронту гірничих робіт, що визначає в першу чергу обсяги видобутку корисних копалин і розкриву.

Таблиця 2.1.

Показники	Позначення	Значення			
Висота борту, що формується, м	$H_b$	195	270	345	420
Максимальна відносна зміна значення поточного коефіцієнта розкриву по відношенню до середнього значення по ділянці	$\Delta K_m \max$	1,54	1,58	1,63	2,01

Графічне відображення залежності максимальної відносної зміни значення поточного коефіцієнта розкриву по відношенню до середнього значення по ділянці (стрибка поточного коефіцієнта розкриву) від висоти борту, що формується, представлено на рис. 2.15.

$$\Delta K_m \max = 2,414 - 7,347 \cdot 10^{-3} H_b + 1,511 \cdot 10^{-5} H_b^2 \quad (2.9)$$

Виявлена залежність дозволяє оцінити зміни поточного коефіцієнта розкриву, що виникають у процесі формування ТНБ, і надалі враховувати результати при плануванні розвитку гірничих робіт в кар'єрі в цілому.

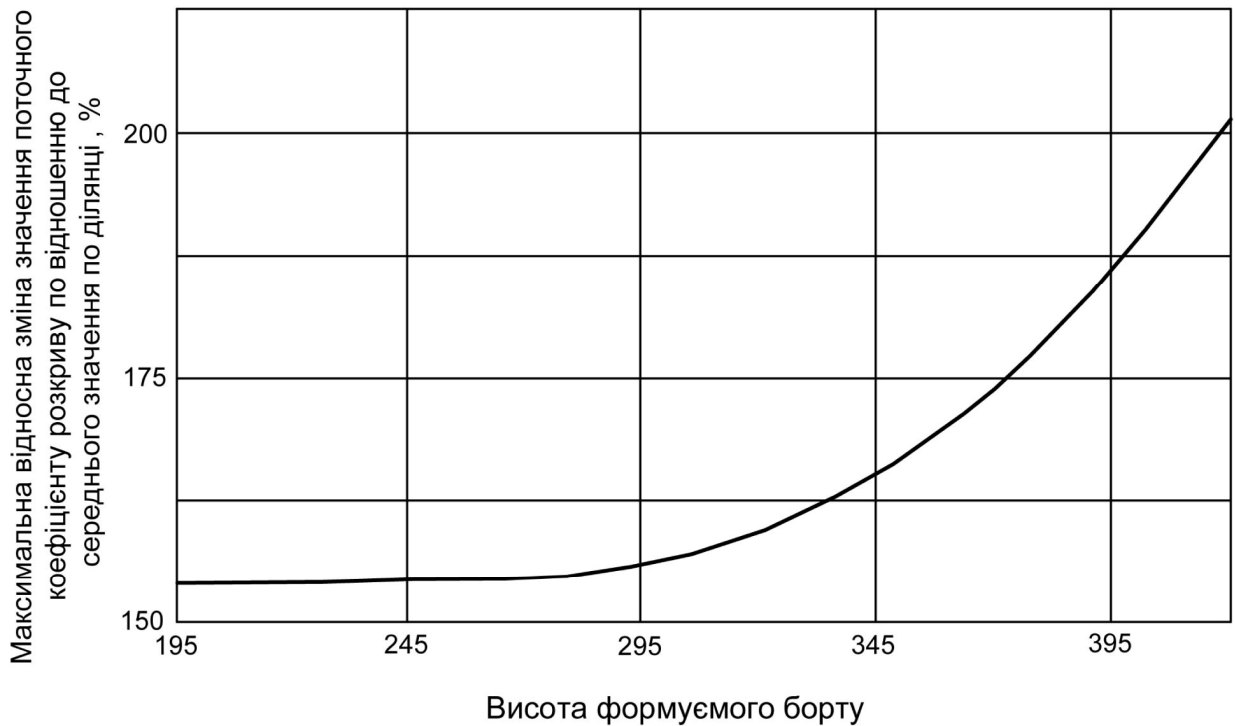


Рис. 2.15. Залежність максимальної відносної зміни значення поточного коефіцієнту розкриву від висоти борту, що формується

### ***2.5. Управління режимом гірничих робіт для формування тимчасово неробочого борту кар'єру***

Нехай потрібно забезпечити необхідний графік режиму гірничих робіт для формування ТНБ за період часу  $T$ . Потрібні при цьому поточні обсяги розкривних ( $V_p$ ) та видобувних робіт ( $V_v$ ) забезпечуються значеннями кутів укосу робочого борту при його формуванні. При неможливості в будь-який період часу в поточних умовах дотримання умови (2.9) виходить наступна ситуація зі зміною кутів укосу борту (рис. 2.16, точки 3' і 4'). Об'єми розкривних робіт, що отримуються при цьому, при розстановці дорівнюють  $V'_v$ .

Водночас слід зазначити такі особливості розвитку гірничих робіт на ділянці формування ТНБ:

- величина просування фронту гірничих робіт за час формування ТНБ різна по довжині та висоті ділянки, досягаючи максимальної величини в донній частині та зменшуючись до флангів та за висотою ТНБ;

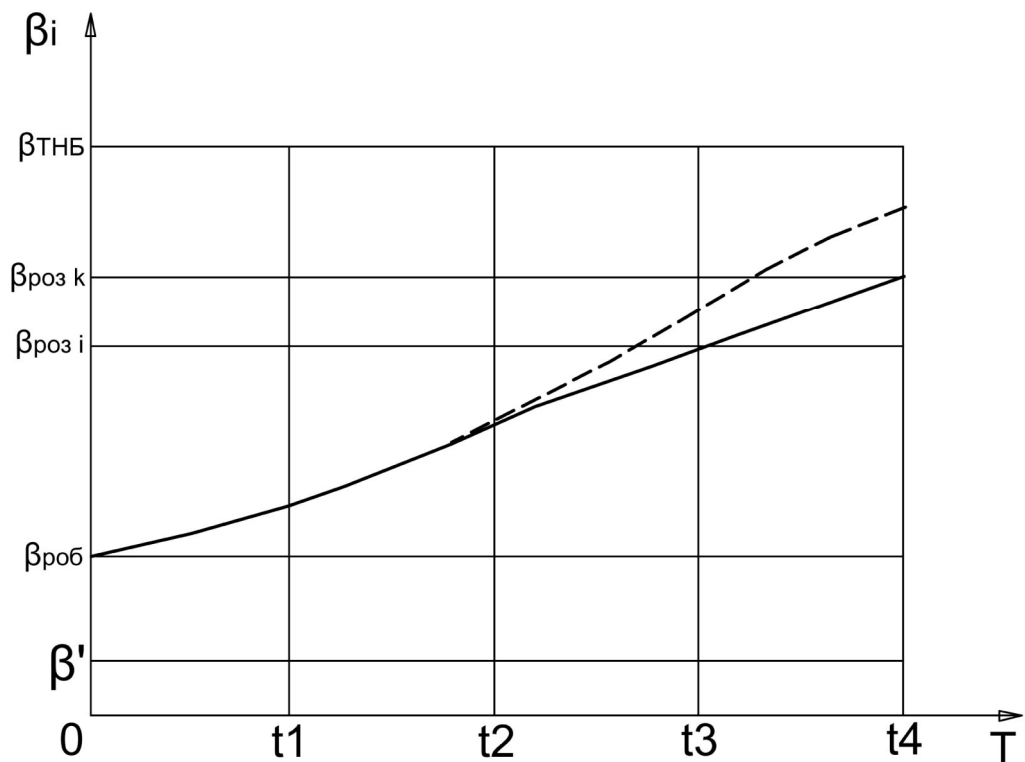


Рис. 2.16. Значення кутів укосу робочого борту, які необхідні для забезпечення поточних обсягів гірничих робіт

- обсяги розкриву, що розробляються за термін формування ТНБ, розподіляються нерівномірно по довжині ділянки, досягаючи максимуму в центральній частині та знижуються до флангів.

Виявлені особливості дозволяють підійти до розробки ділянки формування ТНБ з урахуванням конкретних гірничотехнічних особливостей його частин, а саме виділити в межах ділянки райони, що мають приблизно однакові умови ведення гірничих робіт. Кожен район відрізняється місцем розташування ділянки формування ТНБ, висотою робочої зони, довжиною фронту гірничих робіт по горизонтам, величиною просування фронту гірничих робіт, обсягами розкриву і корисних копалин у його границях. Часткове чи повне різночасне залучення у розробку кількох районів дозволить регулювати у часі обсяги видобувних та розкривних робіт на ділянці формування ТНБ. Так при відпрацюванні донних районів з коефіцієнтом розкриву більше середнього по ділянці в цілому, більш

інтенсивне спільне відпрацювання флангових районів з коефіцієнтом розкриття, нижче середнього за ділянкою, дозволить достатньою мірою стабілізувати коефіцієнт розкриття.

Зміни значення коефіцієнта розкриття досягається або зміною відпрацьованих за поточний період обсягів розкриття  $Q_p$ , або коригуванням відпрацьованих за поточний період обсягів корисних копалин  $Q_v$ .

Так як при відносно постійній потужності пласта по фронту гірничих робіт важливішу роль на поточний коефіцієнт розкриття будуть надавати саме обсяги розкриття  $Q_{pi}$  за поточний період, то для досягнення мінімального коефіцієнта розкриття при формуванні ТНБ слід залучати до відпрацювання райони суміжних періодів з меншими обсягами розкриття і отже, з меншим коефіцієнтами розкриття по району  $K_{вир}$ .

Залучати до відпрацювання райони можна як цілком, так і частково. При цьому комплекси обладнання концентруються на частинах ділянки формування ТНБ з меншим, ніж поточний загалом по ділянці коефіцієнтом розкриття  $K_{в\text{тек}t}$  за період часу  $t$ . Нехай рух фронту гірничих робіт з корисних копалин за період часу  $t$  на даному районі ділянки формування складе  $v$ .

При такому відпрацюванні районів необхідне дотримання таких вимог:

- довжина фронту гірничих робіт на уступах у створюваній технологічній зоні при відпрацюванні районів ділянки формування ТНБ має бути достатньою для роботи комплексу за прийнятою технологічною схемою:

$$\sum L_{ф\ ун} \geq L_{ф\ min} \quad (2.10)$$

де  $\sum L_{ф\ ун}$  - сумарна довжина фронту гірничих робіт на  $n$ -му горизонті в технологічній зоні при спільному відпрацюванні районів ТНБ, м,

$L_{ф\ min}$  - мінімальна довжина фронту гірничих робіт на уступах групи для застосовуваної технологічної схеми, м.

- швидкість руху фронту гірничих робіт в районах центральної частини з

максимальною висотою робочої зони повинна бути достатньою для забезпечення необхідних термінів формування ТНБ:

$$v^* = \frac{L}{T}, \text{ м/рік} \quad (2.11)$$

де  $v^*$  - швидкість руху фронту гірничих робіт у межах району, що залучається у відпрацювання, од.,

$L$  - відстань від початкового до кінцевого положення гірничих робіт з формування ТНБ по дну в центральній частині з максимальною висотою робочої зони, м,

$T$  - необхідний термін формування ТНБ, років.

Раціональний варіант відпрацювання визначається шляхом перебору можливих комбінацій частковим або повним відпрацюванням обсягів корисних копалин та розкриву, укладених у межах районів. Гірничі роботи можуть вестися одночасно у кількох чи всіх суміжних районах. Райони центральної частини з найбільшою величиною просування фронту гірничих робіт повинні знаходитись у розробці постійно. Периферичні райони можуть залучатися в розробку періодично, з посуванням фронту гірничих робіт не менше ширини блоку, що вибухає, для роботи комплексів обладнання за розробленими схемами (рис. 2.17).

Коефіцієнт розкриву по ділянці формування ТНБ у  $i$ -й рік у цьому випадку становитиме:

$$K_{vmi} = \frac{H_y \sum [k_n \cdot \sum (v_{kmz} \cdot L_{\phi iT3(n)})]}{M_y \cdot \gamma \cdot \sum [k_i \cdot v^* \cdot L_{\phi yi}]}, \text{ м}^3/\text{Т} \quad (2.12)$$

де  $k_n$  - частка обсягів гірничих робіт у межах  $n$ -го району, що залучається до відпрацювання, од. (при частковому залученні до відпрацювання  $k \leq 1$ , при повному  $k=1$ );  $H_y$  - висота уступу, м;  $v_{kmz}$  - середня швидкість просування фронту гірничих робіт у  $k$ -й технологічній зоні, м;  $L_{\phi kT3(n)}$  - загальна протяжність фронту гірничих робіт у  $k$ -й технологічній зоні в  $n$ -му районі, м;  $L_{\phi y1}, L_{\phi y2} \dots L_{\phi yn}$ , - протяжність фронту гірничих робіт з корисних копалин в

1,2 ...  $n$ -му районі, м;  $M_y$  - потужність пласта корисних копалин, м;  $\gamma$  - щільність корисних копалин, т/м<sup>3</sup>;  $v^*$  - швидкість руху видобувного фронту гірничих робіт, м.

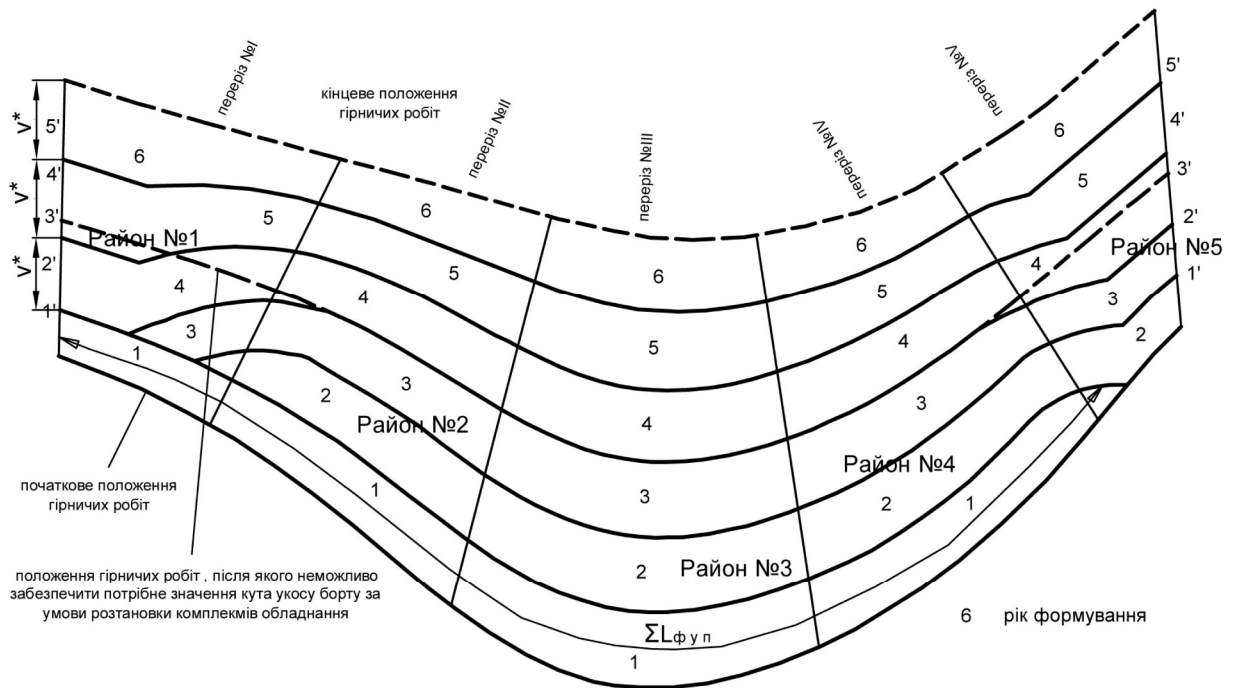


Рис. 2.17. Виділення характерних районів на ділянці формування ТНБ та подальше їх відпрацювання з управлінням режимом гірничих робіт

Вплив змін коефіцієнта розкриття на ділянці формування ТНБ на режим гірничих робіт по кар'єру в цілому визначається розподілом обсягів корисних копалин і розкриття по ділянках кар'єру.

З вищесказаного можна стверджувати, що поточний коефіцієнт розкриття по кар'єру в цілому залежить від коефіцієнта розкриття по ділянці формування ТНБ і його цілеспрямована зміна спричинить коригування коефіцієнта розкриття по кар'єру в цілому.

## **ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ.**

1. Встановлено, що підтримка необхідних обсягів видобутку корисних копалин на ділянці здійснюється управлінням поточними кутами укосу робочого борту.

2. Встановлено, що раціональним режимом гірничих робіт для формування ТНБ є рівномірний. Рівномірний режим гірничих робіт дає можливість мати постійну кількість гірничого обладнання на ділянці формування та допускає за необхідності його регулювання. Кут укосу робочого борту визначає можливу ширину робочих майданчиків та впливає на інтенсивність формування.

3. Встановлено, що технологічні схеми ведення гірничих робіт із залишенням на кожному з відпрацьованих уступів робочого майданчика нормальної ширини не можуть бути використані для формування ТНБ. Схеми, що застосовуються, повинні забезпечувати концентрацію гірничого обладнання, високу інтенсивність його формування при крутому робочому борту.

4. Встановлено, що основними параметрами технологічних схем ведення гірничих робіт є: довжина фронту гірничих робіт на кожному з уступів, що спільно розробляються, ширина робочого майданчика на розроблюваному уступі і ширина берм на неробочих.

5. Доведено можливість регулювання режиму гірничих робіт при формуванні ТНБ за рахунок залучення у відпрацювання різних частин ділянки формування – районів, дотримуючись при цьому обмеження технологічних схем та не створюючи обмежених умов та перешкод для подальшого розвитку гірничих робіт на цій ділянці кар'єру .

6. Встановлено, що зміна коефіцієнта розкриву на ділянці формування ТНБ впливає на режим гірничих робіт з кар'єру в цілому та визначається розподілом обсягів корисних копалин та розкриву по ділянках кар'єру.

При вирішенні питання оптимізація параметрів режиму буріння вибухових свердловин шарошковими верстатами необхідно буде вирішити такі питання:

- розробити технологію формування тимчасово непрацюючого борту кар'єру;
- обґрунтувати раціональний графік режиму гірничих робіт при формуванні тимчасово неробочого борту;
- обґрунтувати критерії оцінки ефективності напрямку розвитку гірничих робіт при етапній розробці родовищ корисних копалин.



## Бібліографія.

1. Мельников Н.В. Теория и практика открытых разработок / Н.В. Мельников, А.И. Арсентьев, М.С. Газизов. - Недра, 1973. - 636 с.
2. Арсентьев А.И. Определение производительности и границ карьера / А.И. Арсентьев. - Недра, 1970. - 320 с.
3. Арсентьев А.И. Планирование развития горных работ на карьерах / А.И. Арсентьев, Г.А. Советов, В.С. Хохряков. - Недра, 1972. - 136 с.
4. Васильев Е.В. Вскрытие карьерных полей с пологим и наклонным залеганием пластов при продольном подвигании уступов / Е.В. Васильев, П.П. Меньшонок // Новое в теории проектирования и технологии открытых горных работ. - Новосибирск, 1974. - С. 107 - 120.
5. Мустафина А.М. Взаимоувязка параметров горных работ при формировании трассы железнодорожных путей на временных целиках в глубоких карьерах / А.М. Мустафина, Б.А. Гурьевский // Глубокие карьеры. - Киев, Наукова думка, 1973. - С. 97-104.
6. Степанов В.А. Исследование технологии разработки наклонных и крутопадающих залежей этапами / В.А. Степанов // Автореф. дисс. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук. - М.: МГГУ, 1973. - 20 стр.
7. Хохряков В.С. Поэтапное развитие горных работ на карьерах / В.С. Хохряков, П.Т. Церенчиков. - Цветметинформация, 1968. - 54 с.
8. Чаплыгин Н.Н. Исследование параметров временно нерабочего борта при отработке карьеров этапами / Н.Н. Чаплыгин, Э.Ю. Островский, А.А. Попов // Технологические и экономические аспекты развития открытой разработки месторождений. - Наука, 1974. - С. 55-69.
9. Шатуев В.И. Определение параметров поэтапной разработки крутопадающих месторождений в условиях перехода к рыночной экономике / В.И. Шатуев // Автореф. дисс. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук. - СПб.: МГГУ, 1992. - 22 с.

10. Оводенко Б.К. Временные нерабочие борта в карьерах / Б.К. Оводенко, С.С. Аршинов - Л.: Наука, 1977. - 122 с.
11. Оводенко Б.К. Управление горными работами на карьерах / Б.К. Оводенко. - Недра, 1978. - 192 с.
12. Савицкий Е.В. Обоснование технологических параметров разработки глубоких железнорудных карьеров высокими уступами / Е.В. Савицкий // Автореф. дисс. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук. - МГГУ, 1996. - 21 с.
13. Томаков П.И. Открытая разработка угольных и рудных месторождений / П.И. Томаков, В.В. Манкевич. - МГГУ, 1995. - 610 с.
14. Дерябин А.А. Разработка технологии вскрышных работ широкими панелями при использовании мощных экскаваторно-автомобильных комплексов / А.А. Дерябин // Дисс. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук. - МГИ, 2005. - 178 стр.
15. Осипов Б.М. Интенсификация использования мощных экскаваторноавтомобильных комплексов карьеров / Б.М. Осипов // Автореф. дисс. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук. - МГГУ, 1985. - 21 с.
16. Репин Л.Н. Обоснование зон работы автомобильного и железнодорожного транспорта на разрезах центрального Кузбасса с учетом уровня потерь угля / Л.Н. Репин // Автореф. дисс. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук. - МГГУ, 1988. - 20 с.
17. Сидоренко В.Н. Повышение эффективности эксплуатации глубоких карьеров с автомобильным транспортом формированием зон концентрации горных работ / В.Н. Сидоренко // Автореф. дисс. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук. - С-Пб.: МГТУ, 1988. - 22 с.
18. Шешко Е.Ф. Основы проектирования карьеров / Е.Ф. Шешко, В.В. Ржевский - Углетехиздат, 1958. - 335 с.
19. Арсентьев А.И. Вскрытие и системы разработки карьерных полей / А.И. Арсентьев. - Недра, 1981. - 278 с.

20. Арсентьев А.И. Система разработки поперечными заходками без разрезных траншей / А.И. Арсентьев, А.П. Бондарь, Ф.Г. Грачев.- Наука, 1969. - 166 с.
21. Хохряков В.С. Проектирование карьеров / В.С. Хохряков. - Недра, 1980. - 336 с.
22. Юматов Б.П. Строительство и реконструкция рудных карьеров / Б.П. Юматов, Ж.В. Бунин. - Недра, 1978. - 205 с.
23. Варийчук М.И. Исследование процессов производства вскрышных работ методами математического моделирования / М.И. Варийчук // Автореф. дисс. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук. - МГТУ, 1969. - 23 с.
24. Веницкий К.Е. Оптимизация технологических процессов на открытых разработках / К.Е. Веницкий. - М.: Недра, 1976. - 280 с.
25. Гавришев С.Е. Обоснование рациональной последовательности формирования рабочей зоны карьеров при разработке крутопадающих месторождений / С.Е. Гавришев // Автореф. дисс. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук. - СПб.: МГТУ, 1990. - 22 с.
26. Ильин С.А. Технология открытой разработки нагорных месторождений / С.А. Ильин. - МГТУ, 2000 - 110 с.
27. Ильин С.А. Нагорные карьеры мира. Часть 1. Нагорные карьеры дальнего зарубежья / С.А. Ильин. - ИАЦ ГН, 1993. - 224 с.
28. Полищук А.К. Оптимизация развития открытых горных работ / А.К. Полищук, Г.К. Полищук, А.М. Михайлов. - Недра, 1976. - 153 с.
29. Рутковский Б.Т. Блочный способ отработки карьерных полей с большим простиранием / Б.Т. Рутковский // Разработка угольных месторождений открытым способом. - Кемерово, КузПИ, 1972, - С. 81-87.
30. Томаков П.И. Разработка уступов блоками на экибастузских разрезах / П.И. Томаков, А.П. Терещенко. - Уголь, 1976. - № 10. - С. 12-16.
31. Щадов М.И. Избранные труды / М.И. Щадов. - МГТУ, 1997. - 296 с.

32. Щадов М.И. Развитие техники и технологии открытой угледобычи / М.И. Щадов, К.Е. Виницкий, М.Г. Потапов. - Недра, 1987. - 237 с.
33. Ржевский В.В. Открытые горные работы. Часть 2. Технология и комплексная механизация / В.В. Ржевский. - М.: Недра, 1985. - 549 с.
34. Линев В.П. Совершенствование методов проектирования развития рабочей зоны глубоких карьеров / В.П. Линев // Автореф. дисс. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук. - С-Пб.: МГГУ, 1968. - 21 с.
35. Томаков П.И. Перспективы развития Экибастузского месторождения / П.И. Томаков, М.И. Варийчук. - Уголь, 1982. - № 9. - С. 25-27.
36. Ржевский В.В. Режим горных работ при открытой добыче угля и руды / В.В. Ржевский. - Углетехиздат, 1957. - 200 с.
37. Ридель Р.И. О порядке отработки Экибастузского месторождения с целью ускоренного перехода к использованию внутренних отвалов / Р.И. Ридель, Д.П. Мелехов, В.И. Супрун. - Уголь, 1989. - № 4. - С. 22-27.
38. Проект строительства 1 очереди разреза Талдинский ПО Кемерово-уголь (пересмотр). Сибгипрошахт, 1983. - 201 с.
39. Проект строительства 1 очереди разреза Талдинский ПО Кемерово- уголь (пересмотр). Сибгипрошахт, 1987. - 212 с.
40. Супрун В.И. Формирование отвальных массивов при отработке крупных угольных брахисинклиналей / В.И. Супрун // Автореф. дисс. на соиск. уч. степ. докт. техн, наук. - МГГУ, 1996. - 31 с.
41. Супрун В.И. Принципы открытой разработки мульдообразных залежей / В.И. Супрун // Горные науки и промышленность. - Недра. - 1989. - С. 282-293.
42. Супрун В.И. Порядок отработки крупных мульдообразных залежей / В.И. Супрун, Д.П. Мелехов, К.М. Минахметов. - ЦНИЭИуголь, 1988. - 125 с.

43. Григорьев С.Н. Обоснование порядка разработки мультимодальных залежей угля одним карьером / С.Н. Григорьев // Дисс. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук. - МГГУ, 1999. - 196 с.

44. Адигамов Я.М. Учет возможности оставления временных нерабочих бортов при определении предельной глубины карьера / Я.М. Адигамов // Совершенствование методов разработки рудных месторождений. - Недра, 1966, С. 140-143.

45. Василевский В.О. Формирование временно нерабочего борта разреза «Нерюнгринский» в плане и регулирование режима горных работ / В.О. Василевский. - Горный информационно-аналитический бюллетень, 2007. - №1. - С. 58-63.

46. Григорьев С.Н. Особенности разработки мультимодальных месторождений на примере разреза «Нерюнгринский» / С.Н. Григорьев, А.В. Голубенко, А.А. Зайцев // Проблемы и перспективы угледобывающей отрасли. - 1999. - С. 67 - 70.

47. Григорьев С.Н. Разрез «Нерюнгринский». в новых условиях хозяйствования. Опыт, проблемы, перспективы / С.Н. Григорьев, А.В. Голубенко // Горный информационно-аналитический бюллетень. - МГГУ. - 1999. - № 2. - С. 235-237.

48. Василевский В.О. Технологические схемы ведения горных работ на уступах при формировании временно нерабочего борта карьера. - М/. Деп. ГИАБ за 2005 г., № 434/12-05.

49. Василевский В.О. Управление режимом горных работ при формировании временно нерабочего борта карьера / В.О. Василевский. - Деп. ГИАБ. -№ 435. - 120 с..

50. Василевский В.О. Формирование временно нерабочего борта при отработке мультимодальных залежей угля / В.О. Василевский // Маркшейдерия и недропользование. – 2007. - № 1-2 - С. 30-32.