

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

БЕВЗ ОЛЕКСАНДР ОЛЕКСАНДРОВИЧ

**НАУКОВО-ТЕХНІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПІДВИЩЕННЯ
ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ ВІДВАЛОУТВОРЕННЯ
РОЗКРИВНИХ ПОРІД**

184 «Гірництво»

ОПП «Відкриті гірничі роботи»

ВИПУСКНА РОБОТА

на здобуття освітньо-кваліфікаційного рівня магістра

Керівник _____ / Луценко С.О. /

Завідувач кафедри _____ / Жуков С.О. /

Кривий Ріг

2024 р

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ.....	3
ВСТУП.....	5
Розділ 1 Досвід управління відвалами відкритих гірничих робіт та технологій відвалоутворення.....	8
1.1. Аналіз основних принципів управління відвалами відкритих гірничих робіт	8
1.2. Аналітичний огляд науково-технічних публікацій та раніше виконаних досліджень у галузі вдосконалення технологій відвалоутворення та управління відвалами	12
Розділ 2 Дослідження ступеню впливу різних факторів на ефективність ведення гірничих робіт з внутрішнім відвалоутворенням.....	20
2.1. Принципи оцінки технології відвалоутворення розкривних робіт	20
2.2. Дослідження параметрів та показників гірничих робіт при застосуванні схем формування внутрішніх відвалів	24
2.3. Оцінка параметрів об'єктів, що формуються до закінчення розробки поля кар'єру.....	40
2.4. Черговість відпрацювання свит пологих і пологоспадних зближених пластів	41
Загальні висновки та рекомендації.....	46
Бібліографія.....	48

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до магістерської роботи на тему «Науково-технічне обґрунтування підвищення ефективності технології відвалоутворення розкривних порід» складається з: 51 с., 14 рис., 4 табл., 37 джерел інформації.

"Випускна робота на здобуття освітньо-кваліфікаційного рівня магістра. Кривий Ріг. Криворізький національний університет, 2024. - 51 с."

Актуальність теми. В даний час на відкритих гірничих роботах повсюдно поширені поглиблювальні поздовжні системи розробки з просуванням фронту гірничих робіт вкrest простягання пластів від їх виходів на поверхню і до кінцевої глибини. При використанні таких систем обсяги внутрішнього відвалоутворення обмежені (пологе падіння) або відсутні повністю (похиле і круте падіння), відбувається пікоподібне наростання обсягів, зростає відстань транспортування розкривних порід. Як підтвердження неефективності використання існуючих систем розробки можна навести деякі кількісні дані, що характеризують розробку вугільних та рудних родовищ. Так, питома землеємність при відкритому способі видобутку досягає 40 га/млн.т, причому до 46% площ займається зовнішніми відвалами, частка транспортних витрат у загальному обсязі витрат на видобуток досягає 50-80%. Великі обсяги зовнішніх відвалів негативно впливають на забруднення водного та повітряного басейнів, руйнування поверхневих водотоків. Усі перелічені показники значно перевищують аналогічні показники за кордоном.

В результаті проведеного аналізу експлуатації діючих кар'єрів та проектних рішень для перспективних родовищ з точки зору умов залягання пластів та співвідношення внутрішнього та зовнішнього відвалоутворення встановлено, що діючі розрізи по групах родовищ розподіляються наступним чином: горизонтальні пласти, що відпрацьовують, - 28%, пологі - 15 похилі - 19%, крутоспадні - 38%.

Частка внутрішнього відвалоутворення на кар'єрах, що діють, не перевищує 30-35%, на проєктованих вона зростає до 42%, тобто, як і раніше, більшу частину розкриву планується вивозити на зовнішні відвали, що підтверджує актуальність пошуку шляхів підвищення обсягу розміщення розкривних порід у внутрішні відвали.

Тому дослідження підвищення ефективності технології відвалоутворення розкривних порід є актуальним науковим завданням.

Мета й завдання роботи. Основною метою магістерської роботи є науково-технічне обґрунтування підвищення ефективності технології відвалоутворення розкривних порід.

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

1. Виконати аналіз сучасних досліджень щодо питання підвищення ефективності технології відвалоутворення розкривних порід.
2. Дослідити вплив різних факторів на ефективність ведення гірничих робіт з внутрішнім відвалоутворенням.
3. Сформулювати основні напрямки подальших досліджень.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: відвалоутворення розкривних порід, внутрішній відвал, складування гірничих порід.

ВСТУП.

Вітчизняна гірничовидобувна промисловість, що ґрунтується на застосуванні відкритого способу розробки родовищ корисних копалин, зумовлює вдосконалення існуючих та впровадження нових технологічних схем ведення розкривних, видобувних та відвальних робіт.

У технічному оснащенні сучасних кар'єрів провідна роль належить потужному високопродуктивному гірничо-транспортному обладнанню (ротормим комплексам, екскаваторам, що крокують ЕШ-25/100, ЕШ-15/90, ЕШ-10/60, механічним лопатам типу ЕКГ та ЕВГ, транспортно-відвальним мостам, консольним стрічковим відвалоутворювачам). Створюються ще потужніші високопродуктивні машини. Відповідно до розширення можливостей обладнання змінюються й елементи систем розробки (висота розкривних уступів, зовнішніх і внутрішніх відвалів). Збільшення висоти відвалів, однак, часто є причиною розвитку зсувних деформацій їх укосів, що знижує безпеку робіт і вимагає непродуктивних витрат часу та коштів на ліквідацію наслідків зсувів і, таким чином, спричиняє збільшення собівартості корисних копалин. Необґрунтоване, щоб уникнути зсувів укосів, зменшення висоти відвалів (особливо внутрішніх) призводить до збільшення транспортних витрат, нераціонального використання земель (часто родючих) [1].

Відвали порожніх порід зазвичай прагнуть розташовувати на малопродуктивних або непридатних для потреб сільського господарства землях - заболочених або заторфованих територіях, старих гідровідвалах, в ярах, балках, заплавах річок і струмків тощо, де породи часто мають низьку несучу здатність. Відвалоутворення в даному випадку вимагає, з огляду на постійні зсувні деформації, розробки спеціальних заходів для забезпечення безпеки та ефективності робіт і розміщення максимально можливих обсягів розкриву.

Управління укосами відвалів дозволяє отримати суттєвий економічний вигаш за рахунок зменшення відстані транспортування, збільшення ширини заходки та зниження обсягів робіт з перенесення залізничних шляхів [2].

Вирішення питань управління відвалами на відкритих гірничих роботах пов'язане з визначенням оптимальних параметрів (висоти та кута укошу) відвалів і можливе лише на основі взаємного узгодження технології відвалоутворення та фізико-механічних властивостей порід відвалів та їх основи.

Висота стійкого відвалу при заданому куті укошу визначається фізико-механічними властивостями відвальних порід і порід основи і в першу чергу опором зсуву, який, наприклад, для піщано-глинистих порід не є постійною величиною і залежить від низки умов.

Серед чинників, що зумовлюють стійкість відвальних укосів, особливе місце посідають чинники технологічного порядку у зв'язку з можливістю активного на них впливу.

Вивчення технології відвалоутворення внаслідок помітного її впливу на техніко-економічні показники розробки родовищ (частка відвалоутворення в балансі собівартості корисних копалин на відкритих роботах становить 12-18% [2]) приділяється велика увага. При цьому чільне місце в дослідженнях займає, як правило, аналіз технологічних процесів, а стійкості укосів відвалів, що надає вирішальний вплив на вибір обладнання, технологічних схем розміщення порожніх порід і в кінцевому рахунку на економічні показники підприємства, відводиться другорядна роль. Іноді висота відвалів і окремих ярусів вибирається на основі аналогії з одним з кар'єрів, що розробляються, причому об'єкт-аналог за гірничо-геологічними умовами розробки та фізико-механічними властивостями порід може істотно відрізнятися від проєктованого об'єкта. Звісно, що така практика призводить до серйозних прорахунків у визначенні допустимої за умов стійкості висоти

відвалу та додаткових (часто значних) витрат на ліквідацію наслідків зсувів [3].

У зв'язку з цим виникає необхідність висвітлення «стикових» питань технології відвалоутворення та стійкості відвалів через їхню взаємопов'язаність та взаємозумовленість при розробці оптимальних схем та способів управління відвалами. Ці питання розглядаються на основі вивчення умов відвалоутворення та стійкості укосів більш ніж на 30 вугільних, рудних та нерудних кар'єрах з метою заповнити певною мірою прогалину в проектуванні та будівництві відвалів оптимальних параметрів при відкритій розробці родовищ і намітити найбільш перспективні в тих чи інших інженерно-геологічних умовах способів керування відвальними укосами [1].

Тому дослідження обґрунтування підвищення ефективності технології відвалоутворення розкривних порід є актуальним науковим завданням.

Мета й завдання роботи. Основною метою магістерської роботи є науково-технічне обґрунтування підвищення ефективності технології відвалоутворення розкривних порід.

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

1. Виконати аналіз сучасних досліджень щодо питання підвищення ефективності технології відвалоутворення розкривних порід.
2. Дослідити вплив різних факторів на ефективність ведення гірничих робіт з внутрішнім відвалоутворенням.
3. Сформулювати основні напрямки подальших досліджень.

РОЗДІЛ 1 ДОСВІД УПРАВЛІННЯ ВІДВАЛАМИ ВІДКРИТИХ ГІРНИЧИХ РОБІТ ТА ТЕХНОЛОГІЙ ВІДВАЛОУТВОРЕННЯ

1.1. Аналіз основних принципів управління відвалами відкритих гірничих робіт

Під управлінням відвалами розуміється ведення відвалоутворення за умови забезпечення безпеки та максимальної техніко-економічної ефективності способу виконання робіт [1]. До відвалів відкритих гірничих робіт висувають певні вимоги, головними з яких є:

- безпека ведення відвальних робіт для людей та обладнання, що знаходяться як на відвалі, так і на прилеглих до відвалу територіях;
- забезпечення необхідної приймальної здатності мінімальними відведеними територіями;
- забезпечення максимальної техніко-економічної ефективності способів відвалоутворення;
- забезпечення можливості якнайшвидшої рекультивації зайнятих відвалами територій [1].

Наведені вимоги можна розглядати як основні принципи управління відвалами відкритих гірничих робіт.

Сутність управління відвалами полягає у розробці та виконанні певного кола заходів, за допомогою яких досягаються найкращі економічні показники даної ланки технологічного процесу за повної безпеки відвалоутворення. Головною їх характерною рисою є обумовленість або взаємозв'язок з фізико-механічними (головним чином міцнісними) властивостями порід, що відсипаються (намиваються) і порід природної підстави відвальних споруд. Ці заходи повинні базуватися на кількісній оцінці параметрів відвалоутворення, тобто на розрахунках, практична цінність яких визначається тим, якою мірою і яким чином у них враховані властивості порід [1].

Методи управління відвалами в даний час обґрунтовуються за кількома напрямками. Технологічний напрямок встановлює взаємозв'язок, наприклад, між лінійними параметрами екскаватора, висотою і кутом укосу, між прийнятною здатністю відвального тупика, його довжиною і рухом фронту робіт [2]. Роботи цього напрямку для ефективної експлуатації родовищ відкритим способом, безсумнівно, мають велике значення, проте область застосування обмежена. Це зумовлено, передусім, тим, що у технологічному обґрунтуванні враховуються висота H і кут укосу α відвалу, пов'язані між собою геометричними співвідношеннями. Тим часом, зв'язок між H і α стійкого укосу дуже складна. Вона визначається фізико-механічними властивостями порід та особливостями технології відвалоутворення. Тому запропоновані залежності потребують, як правило, додаткового обґрунтування за умовами стійкості не тільки для всього кар'єру в цілому, але також для окремих ділянок певного відвалу, через часто і в значній мірі змінюючихся інженерно-геологічних умов стійкості відвальних укосів. Виняток може бути зроблено лише для тих випадків, що порівняно рідко зустрічаються у практиці, коли стійкість відвалу не викликає сумнівів (наприклад, при відсипанні міцних скельних порід на міцну основу, що не розмокає) [4].

Геомеханічне обґрунтування найефективніше лише у випадках, коли із стійкістю укосів враховується технологія відвалоутворення. Серед робіт цього напрямку добре відомі праці Г.Л. Фісенка та інших авторів [3,4,5,6,7]. Зазначимо, що переважна більшість рекомендацій, що використовуються на виробництві, розроблена саме на цій основі. У тих випадках, коли технологія відвалоутворення враховується недостатньо або не враховується зовсім, рекомендації мають зазвичай обмежену практичну цінність, а часом становлять лише пізнавальний інтерес.

При сучасному стані техніки та технології відкритих гірничих робіт здійснювати відвалоутворення можна за двома принципово відмінними схемами ведення робіт:

- з обов'язковим забезпеченням відвальних укосів, що досягається відповідністю параметрів відвалу фізико-механічним властивостям порід як самого відвалу, так і його основи, з урахуванням численних факторів, що впливають на опір зсуву;

- при укосах відвалів, що постійно деформуються.

Очевидно, що друга схема може використовуватися лише в специфічних умовах і передумовами її застосування є: наявність слабких відкладень (порід з низькою несучою здатністю) в основі відвалів, наявність обладнання, за допомогою якого відвалоутворення може проводитися з зони, що не торкається зсувів, або достатньо мобільного обладнання, здатного вести роботи безпосередньо на ділянці, що деформується; здійснення постійного інструментального контролю над розвитком деформацій, розробка та застосування спеціальних заходів із забезпечення безпеки [1].

Необхідність забезпечення безпеки робіт на відвалах будь-якої висоти очевидна. Слід, проте, відзначити, що якщо зсуви «сухих» відвалів поширюються, зазвичай, на порівняно невеликі відстані й у зв'язку з цим становлять певну небезпеку на невеликій площі, прилеглої безпосередньо до відвалу, то зсувні деформації укосів гідровідвалів потенційно небезпечні для величезних територій. Підвищена небезпека зсувних деформацій укосів гідровідвалів обумовлена можливістю прориву з гірничої маси, що може призвести до серйозних руйнувань і пошкоджень на відстанях, що обчислюються сотнями метрів і кілометрами. У цьому сенсі відповідальність намівних споруд незрівнянно вища, ніж насипних, що підтверджується прикладами деформацій укосів намівних споруд у вітчизняній та зарубіжній практиці. [8, 9].

Забезпечення необхідної приймальної здатності відвалу як загальної, так і в одиницю часу (інтенсивності відвалоутворення), а також визначення необхідного мінімуму відвальної площі здійснюється виходячи з допустимих за умов стійкості висоти H та кута укосу α , а також прийнятої схеми керування відвалами. Гранична допустима за умовами стійкості висота

відвалу, залежить крім кута укосу від фізико-механічних властивостей порід відвалу та його основи, порядку заповнення площі та темпу відсипання. Утворення відвалу максимальної для даних порід висоти та найбільш раціональне використання відведеної території вимагають спеціальних заходів (дренаж основи відвалу та прискорення консолідації порід, влаштування контрбанкетів тощо). За наявності в основі відвалу порід з низькою несучою здатністю порядок заповнення території порожніми породами відіграє вирішальну роль і повинен встановлюватися за результатами визначення властивостей порід та стійкості відвальних укосів.

Досягнення високих техніко-економічних показників відвалоутворення неможливо без надійного геомеханічного обґрунтування технологічної схеми відвальних робіт. Висока ефективність відсипання порід розкриву визначається правильно розрахованими висотою і кутом укосу кожного ярусу і всього відвалу в цілому з урахуванням зміни властивостей порід і можливостей обладнання.

При способі ведення відвальних робіт з укосами, що постійно деформуються, обґрунтування, якого вимагає обов'язкового визначення фізико-механічних властивостей порід, суттєвий економічний вигравш дає скорочення відстані транспортування та збільшення ширини заходки на відвалі за умови застосування системи контролю, що забезпечує безпечну роботу високомобільного обладнання на ділянках відвалу, що деформуються. Зрозуміло, що вибір тієї чи іншої схеми відвалоутворення у цьому випадку також обумовлюється фізико-механічними властивостями порід.

Рекультивация відвалів, як правило, не викликає особливих технічних труднощів і зазвичай зводиться до планування поверхні та розміщення на ній родючого шару. Послідовність розміщення порід у відвалі повинна забезпечувати розташування пригнічуючих життєдіяльність рослин порід у нижній частині масиву, що відсипається [10]. Найбільшу складність викликає рекультивация гідровідвалів через те, що наміта поверхня недоступна для обладнання протягом тривалого терміну (залежно від властивостей порід та

потужності намітої товщі - до декількох десятків років). Цей період може бути суттєво скорочено заповненням територій гідровідвалів породами «сухих» відвалів. Порядок відсипання та параметри укосів залежать від міцнісних та деформаційних властивостей намитих та відсипаних порід і вимагають стосовно кожного конкретного об'єкта виконання спеціальних заходів [11, 12].

Таким чином, управління відвалами ґрунтується на узгодженні технології відвалоутворення та фізико-механічних і водних якостей порід відвалів та їх підстави з урахуванням факторів, що впливають на стійкість відвалів, та процесів, що змінюють властивості порід. Здійснення управління відвалами безпосередньо пов'язано з інженерно-геологічними умовами відвалоутворення. Фізико-механічні та водні властивості порід порушеного складання та основи відвалів надають вирішальний вплив на безпеку та ефективність робіт. У зв'язку з цим увага, що приділяється вивченню властивостей порід, має бути адекватною їх ролі у стійкості укосів та впливу на ефективність технологічних схем відвалоутворення [1].

1.2. Аналітичний огляд науково-технічних публікацій та раніше виконаних досліджень у галузі вдосконалення технологій відвалоутворення та управління відвалами

Під відвалом порожніх порід на відкритих гірничих роботах розуміється інженерна споруда, яка зводиться на спеціально відведеній для цієї мети території і призначена для складування розкривних порід [1].

Гідровідвалом називається гідротехнічна споруда, призначена головним чином для розміщення розкривних порід, що розробляються способом гідромеханізації, а також для освітлення, відведення та повторного використання води [2, 13].

Відвали відкритих гірничих робіт [13] поділяються:

- за місцем розташування: на внутрішні (відвалотування ведеться

всередині кар'єрного контуру) і зовнішні (відвалотування - поза контуром кар'єру);

- в залежності від числа ярусів: на одноярусні, двоярусні та багатоярусні;

- за способом механізації відвальних робіт: на екскаваторні (відвалоутворення ведеться за допомогою механічних лопат, драглайнів, абзетцерів), плужні (за допомогою відвальних плугів, транспортно-відвальних мостів), бульдозерні, конвеєрні (при конвеєрному транспорті за допомогою консольних стрічок) та ін.), гідромеханізаційні;

- за кількістю розкривних ділянок, що обслуговується: на загальні та групові;

- по рельєфу місцевості відвального поля: на рівнинні та нагірні;

- по висоті: на низькі (до 20 м), середні (20-50 м) і високі (понад 50 м)

[14].

Найбільшу висоту (під висотою, як правило, розуміється різниця відміток верхньої та нижньої бровок) мають нагірні відвали – до 400 м і більше [1].

Значний внесок у розвиток теорії та практики технологій відвалоутворення та управління відвалами зробили Г.С. Фісенко, П.М. Панюков, В.В. Ржевський, В.В. Істомін, А.М. Гальперін, О.Ю. Крячко, В.А. Мироненко, І.П. Іванов, В.М. Веселков та інших вчені, результати досліджень яких відбито в їх працях [1, 3-7].

Управління відвалами відкритих гірничих робіт може проводитися як з обов'язковим забезпеченням стійкості укосів (при внутрішньому відвалоутворенні, за наявності малорухомого обладнання в призмі можливого зсуву), так і з контрольованими зсувами укосів відвалів, характер деформування яких відомий заздалегідь. У практиці відкритих гірничих робіт, у теперішній час, переважне застосування знаходить перша група методів управління. Причиною застосування другого способу є крім економічних міркувань наявність у підставі відвалу порід з низькою несучою

здатністю, що обумовлює розвиток зсувів підпідшовного типу, що характеризуються повільним, плавним перебігом процесу деформування. Цей спосіб може також застосовуватися при відвалоутворенні в гористій місцевості при висоті відвалів, що вимірюється сотнями метрів, і наявності поверхонь ослаблення в масиві відвалу або його підставі [1].

Спосіб управління відвалами пов'язаний з факторами, що впливають на стійкість укосів, та визначає заходи, застосування яких забезпечує безпеку та високу техніко-економічну ефективність відвалоутворення. Існує досить широке коло апробованих інженерних заходів для різних гірничо-геологічних умов. Кількісна оцінка ступеня впливу умов відвалоутворення на стійкість укосів здійснюється розрахунками стійкості з урахуванням вивчення фізико-механічних властивостей порід, а доцільність застосування - техніко-економічним порівнянням варіантів. Організаційно-технічні заходи щодо управління відвалами, як правило, залежать від конкретної гірничо-геологічної обстановки. Основною організацією, що займається дослідженнями в галузі вивчення властивостей відвальних порід та управління відвалами, є ВНІМІ та низка інших, результати досліджень яких представлені в роботах [8, 15-24].

Наявність системного взаємозв'язку між морфометричними параметрами кар'єрних полів, місцем їх розташування на площі родовища та розмірами останньої, визначили метод дослідження параметрів об'єктів, які створюються до закінчення терміну розробки, на аналітичних моделях [25]. Автори обґрунтували, що найбільш важливими об'єктами є: вільні ємності виробленого простору, що формуються за рахунок залишкових кар'єрних виїмок у сумі з частиною виробленого простору, що утворюється з технологічних причин (розкривні виробки, обмеження за умов стійкості відвалів тощо); площі земель, вилучені під зовнішні відвали та формований вироблений простір.

У роботах [26-30] автори обґрунтували сфери застосування технології з перевалкою розкриву у тимчасові внутрішні відвали. В умовах

відкритої розробки родовищ, що пологоспадають, найбільш ефективною залишається технологія з перевалкою розкривних порід драглайнами і внутрішнім відвалоутворенням. У той же час при відпрацюванні свити пологих пластів область її застосування, як правило, обмежена тільки нижнім пластом (рис. 1.1, пласт 1, зона I).

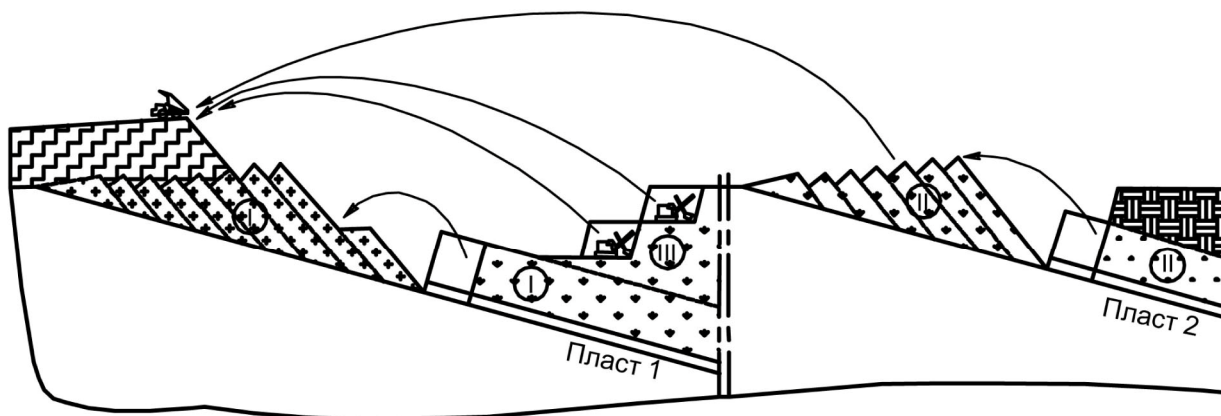


Рис. 1.1. Технологія з перевалкою розкривних порід во внутрішні відвали

Внести зміни до цього традиційного підходу можна шляхом застосування при відпрацюванні стратиграфічно верхніх пластів технології з перевалкою розкривних порід у тимчасові внутрішні відвали (рис. 1.1, пласт 2, зона II). При виїмці вугілля з нижнього пласта, розкривні породи через N років повинні вдруге переміщатися в постійні внутрішні або зовнішні відвали. Розкривні породи, що залягають вище зон I та II, відпрацьовуються з використанням екскаваторно-автомобільних або екскаваторно-конвеєрних комплексів (рис. 1.1, зона III).

Доцільність вивчення та оцінки аналізованого підходу до розвитку гірничих робіт на свиті пологових пластів визначається виходячи з наступних положень:

- можливість збільшення в перші роки роботи вугільного кар'єру обсягів відпрацювання розкриву за менш витратною технологією з перевалкою розкривних порід та внутрішнім відвалом, що забезпечить найвищі техніко-економічні показники вуглевидобутку;

— при розосередженому заляганні вугільних пластів, що пологоспадають, є умови для розміщення внутрішніх відвалів у виробленому просторі вищерозташованого пласта протягом часу, що визначається тривалістю відпрацювання нижнього пласта до підходу його робочої зони до тимчасового внутрішнього відвалу;

— тривалість розміщення тимчасових внутрішніх відвалів повинна бути не меншою за термін, що забезпечує компенсацію початкових інвестицій та витрат, пов'язаних із вторинною розробкою розкривних порід.

З викладеного випливає, що для визначення економічної ефективності застосування при відпрацюванні свити пластів технології з перевалкою розкриву в тимчасові внутрішні відвали необхідно використовувати методи, що відображають динаміку зміни обсягів робіт та доходів підприємства за період його розвитку. Зазначена особливість повністю враховується під час використання методу дисконтованих грошових потоків з критеріями оптимальності - чистим дисконтованим доходом (NPV), внутрішньою нормою рентабельності (IRR) та терміном окупності (L).

Вибір варіанта розвитку гірничих робіт з деякої множини альтернатив $C(X)$ ґрунтується на тому, що кращому варіанту відповідає максимальне значення NPV , тобто

$$NPV_{xeC(x)} \rightarrow \max, \quad (1.1)$$

максимальне значення IRR за умови, що $IRR > r$, де r - процентна ставка кредиту,

$$IRR_{xeC(x)} \rightarrow \max, \quad (1.2)$$

та мінімальний термін окупності

$$L_{xeC(x)} \rightarrow \min \quad (1.3)$$

Оцінка ефективності відпрацювання свити розосереджених вугільних пластів із застосуванням критеріїв (1.1)-(1.3) ґрунтується на визначенні поточного дисконтованого доходу, що генерується інвестиціями (K) та дорівнює сумі поточного чистого прибутку та амортизаційних відрахувань

$(E_t + A_t)$. Аналіз поточного дисконтованого доходу за варіантами розвитку гірничих робіт показав, що основний дохід кар'єру формується протягом перших 5-6 років (рис. 1.2).

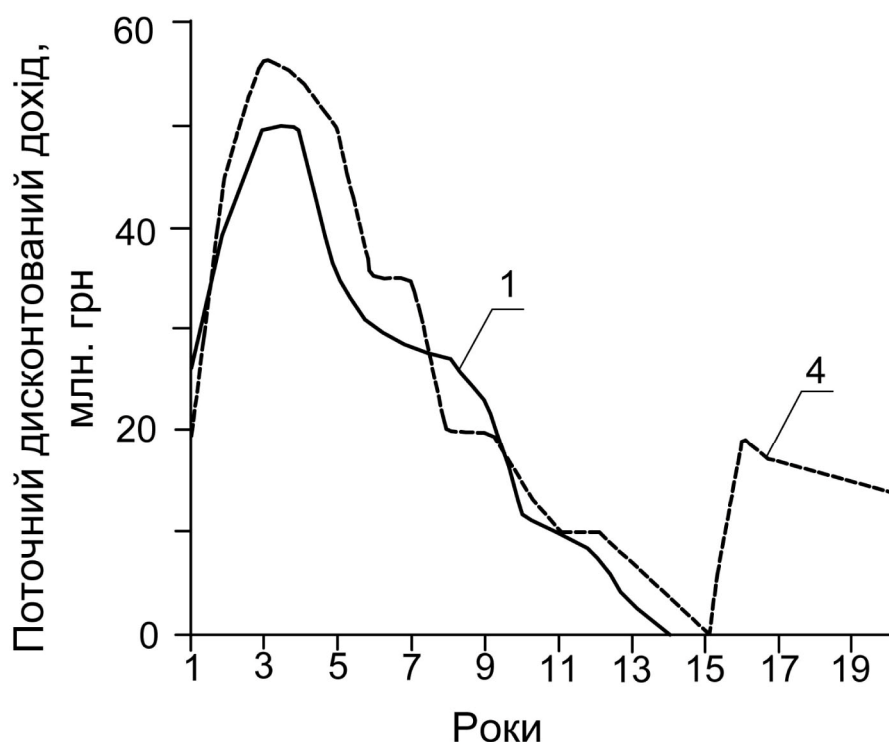


Рис. 1.2. Поточний дисконтований дохід:
1, 4 – варіанти

У міру поглиблення гірничих робіт прибуток різко знижується. У прикладі на рис. 1.2 це відбувається на 10-11 роках, обертаючись у нуль на 14 та 16 році, відповідно за варіантами 1 та 4. Приріст поточного доходу, після його обернення в нуль (рис. 1.2), пояснюється тим, що видобуток вугілля переноситься на нижчі пласти, відпрацювання яких ведеться з відносно низьким ($3,5 \text{ м}^3/\text{т}$) та стабільним коефіцієнтом розкриву.

Вивчення зміни поточного дисконтованого доходу показало, що термін погашення гірничих робіт по пласту свити можна визначити як мінімальне значення t таке, що: $Pt \leq (E_t + A_t)$, де P_t - допустима величина дисконтованого доходу, що визначає рік погашення гірничих робіт за пластом.

Визначення терміну окупності інвестицій слід розпочати з дослідження динаміки нарощування дисконтованих інвестицій (K_t) та поточного доходу (E_t+A_t). На рис. 1.3 наведені кумулятивні криві (K_t) та (E_t+A_t) за варіантами 1 та 4.

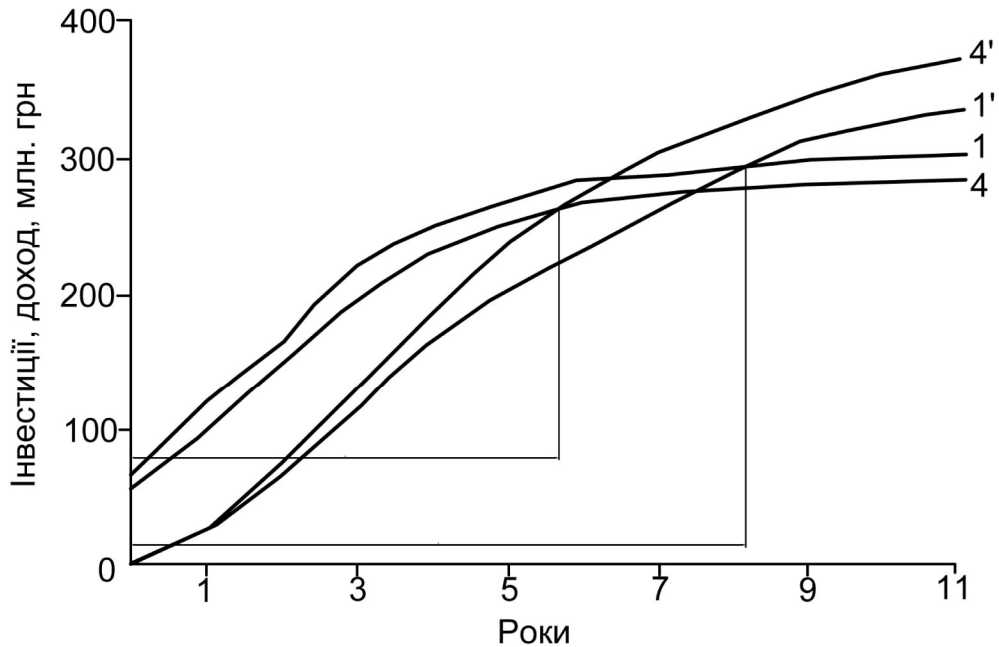


Рис. 1.3. Кумулятивні криві дисконтованих інвестицій (1 та 4) та доходу (1' та 4') варіантів 1 та 4

За характером видно, що у перші шість років інтенсивніше йде зростання інвестиційних вкладень, ніж отриманого доходу від діяльності вугільного кар'єру. Проте вже на 6-му році (L_4) за варіантом 4 (також і за варіантом 2) і на 8-му році (L_1) за варіантом 1 вирівнюються сумарні наведені інвестиції та сумарний дисконтований дохід. Однак точка перетину досліджуваних кумулятивних кривих не означає точний час їх погашення. У зв'язку з більш інтенсивним нарощуванням у початкові періоди інвестицій, порівняно з поточними доходами, накопичується сума боргу, погашення якої збільшує термін окупності.

І, нарешті, оцінка варіантів за величиною внутрішньої норми рентабельності (IRR), яка визначається з умови (2) при відомому значенні L . З порівняння значень IRR з прийнятою річною ставкою позичного відсотка $r=0.11$ слід, що для інвесторів привабливими можуть лише варіанти 4 і 2, які

відрізняються відносно коротким терміном окупності, а внутрішня норма рентабельності перевищує банківську ставку відсотка.

Результати оцінки варіантів за критеріями (1.1)-(1.3) наводяться у таблиці 1.1.

Як випливає з таблиці, до найефективніших за критеріями (1.1)-(1.3) відносяться варіанти 2 і 4, тобто варіанти з перевалкою розкриву в тимчасові внутрішні відвали. З порівняння результатів оцінки варіантів 2 і 4 можна зробити висновок: чим більша кількість пластів, що одночасно вводяться в експлуатацію, тим ефективніше розміщення тимчасових внутрішніх відвалів по стратиграфічно верхньому пласту і чим триваліший період до початку відпрацювання тимчасових внутрішніх відвалів, тим ефективніше їх розміщення у виробленому просторі пластів свити.

Таким чином, відпрацювання частини розкриву з перевалкою в тимчасові внутрішні відвали ефективно за умови, що період до початку відпрацювання тимчасового внутрішнього відвалу складе не менше 8-10 років, термін окупності інвестицій не більше 7 років.

Таблиця 1.1 – Показники економічної ефективності варіантів розвитку гірничих робіт

Індекс варіанта	Дисконтований поточний дохід млн. грн.	Дисконтовані інвестиції, млн. грн.	NPV, млн. грн.	IRR, частки од.	Термін окупності (L), рік
1	390,8	306,6	84,2	0,097	9,0
2	412,0	288,2	123,8	0,127	7,0
3	368,7	306,5	62,2	0,106	8,5
4	446,0	290,0	156,0	0,140	7,0

РОЗДІЛ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ СТУПЕНЮ ВПЛИВУ РІЗНИХ ФАКТОРІВ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВЕДЕННЯ ГІРНИЧИХ РОБОТ З ВНУТРІШНІМ ВІДВАЛОУТВОРЕННЯМ

2.1. Принципи оцінки технології відвалоутворення розкривних робіт

Найчастіше дослідження факторів, що визначають ефективність тієї чи іншої технології, ґрунтуються на економічній оцінці, але вона має два істотні недоліки: високу трудомісткість розрахунків при оцінці динамічних процесів з урахуванням фактора часу, яким є процес відкритої розробки корисних копалин; низьку достовірність одержуваних результатів.

Аналіз процесів видобутку корисних копалин, встановлення внутрішніх взаємозв'язків між різними факторами та параметрами вимагає розгляду нескінченної множини (сотен і тисяч) варіантів та умов. Тільки підготовка вихідної технологічної та економічної інформації для кожного варіанту потребує багатьох годин людської праці. Розгляд та аналіз необхідного числа варіантів, навіть із застосуванням ЕОМ, є непосильним завданням. При цьому вихідні дані, особливо економічні, як правило, мають низьку достовірність, і результати розрахунків, одержувані на такій основі, часто не мають сенсу.

Велика похибка розрахунків гірничих робіт часто зводить їх результати нанівець. Необхідно, щоб різниця величин оцінного показника в порівнюваних варіантах була не меншою, ніж це необхідно за умовами похибки розрахунків. Дослідженнями точності розрахунків [31] встановлено, що варіанти, що відрізняються величиною оцінного показника менше 7-8%, слід вважати рівноцінними. Але в оцінці варіантів гірничих робіт з урахуванням чинника часу відмінність, зазвичай, виявляється менше зазначеної величини. У результаті чинники, малозначущі з погляду результуючого економічного показника (чистого дисконтованого доходу, внутрішньої норми прибутковості, індексу прибутковості тощо), можуть

виявитися визначальними при обґрунтуванні окремих параметрів гірничих робіт. Тому на окремих стадіях доцільно застосовувати простіші методи та показники оцінки за умови дотримання принципу необхідності та достатності.

Досить простим і надійним методом встановлення внутрішніх взаємозв'язків процесів гірничих робіт є метод, заснований на технологічних показниках. З їх допомогою можуть бути визначені найбільш доцільні значення окремих параметрів гірничих робіт, виявлено переваги та недоліки різних технічних розробок, встановлені можливі шляхи вдосконалення технології. Наприклад, якщо розроблена технологія ведення гірничих робіт з внутрішнім відвалом для деяких типових гірничо-геологічних і гірничотехнічних умов характеризується низькою питомою вагою внутрішнього відвалів, то немає необхідності в економічній оцінці такого варіанту. Отримане значення даного показника призводить до висновку про необхідність пошуку та розробки альтернативного варіанта.

Метод оцінки з допомогою технологічних показників значно менш трудомісткий і за надійності мало поступається економічним методам, похибка яких найчастіше перевищує значимість досліджуваних чинників. Тому там, де можливо, може бути ефективно використаний метод оцінки значимості факторів із застосуванням технологічних показників, тим більше, що економічна оцінка, зрештою, на них і ґрунтується. Технологічні показники повинні забезпечувати якомога повнішу і всебічну оцінку досліджуваної технології. Крім того, вони повинні в якості вихідних показників стати основою її подальшої оцінки. До технологічних показників, що характеризують технологію гірничих робіт з внутрішнім відвалом можна віднести: обсяг внутрішнього відвалоутворення; величину внутрішньокар'єрних вантажоперевезень; обсяг додаткового рознесення бортів для розміщення вторинних розкривних виробок; режим гірничих робіт.

Ці технологічні показники досить повно характеризують технологію гірничих робіт з внутрішнім відвалоутворенням і здатні відобразити її економічну ефективність. Так, обсяг внутрішнього відвалоутворення є вихідним показником визначення економії витрат, пов'язаних із поверхневими перевезеннями розкривних порід, рекультивацією зовнішніх відвалів і оплатою використання земельних ресурсів. Розмір внутрішньокар'єрних перевезень служить основою визначення економії внутрішньокар'єрних транспортних витрат.

Дуже важливим показником при оцінці технології гірничих робіт з внутрішнім відвалом є обсяг додаткового рознесення бортів для улаштування вторинних розкривальних виробок. Це обумовлено двома моментами: по-перше, необхідністю створення самостійної системи розкривальних виробок для кожної черги кар'єру, по-друге, необхідністю влаштування сполучних транспортних берм між робочою зоною та внутрішнім відвалом для забезпечення вантажотранспортного зв'язку робочих горизонтів з розвантажувальними майданчиками відвалу.

Ще одним технологічним показником, який значною мірою характеризує гірничі роботи, є режим гірничих робіт $\sum V = f \sum (P)$ або $\sum V = F \sum (T)$. Його визначення потребує досить трудомістких розрахунків. Але для оцінки технології гірничих робіт з внутрішнім відвалом без великої похибки для розрахунків може бути застосований наближений метод, де точками перегину кривої наростаючих обсягів у графіках режиму можуть бути найбільш характерні моменти в розвитку кар'єрного простору, зокрема момент переходу від одного виду відвалоутворення до іншого, момент досягнення робочим бортом кар'єру його граничного контуру, момент переходу від одного етапу робіт до іншого. У середині цих етапів буде свій розподіл обсягів розкриву в часі, але характерні точки вже можуть дати картину зміни режиму гірничих робіт під впливом визначальних факторів, що дозволить зрештою керувати режимом через ці фактори.

При оцінці технічних рішень з урахуванням технологічних показників виникає проблема сумісності результатів. Оцінка за абсолютною величиною показника є правомірною для одиничних об'єктів дослідження. Але при необхідності оцінки двох, трьох і більше об'єктів або варіантів з різними характеристиками (розмірами, обсягами тощо) виникає необхідність співвіднесення технологічних показників з вихідними умовами. Таке завдання виникає, зокрема, щодо галузі застосування технології гірничих робіт з внутрішнім відвалоутворенням, коли оцінюється доцільність її застосування у різних гірничо-геологічних і гірничотехнічних умовах. У цих випадках необхідно визначати оптимальні значення технологічних показників – їх питомі значення.

Виходячи з наведених міркувань для оцінки технології гірничих робіт із внутрішнім відвалоутворенням є доцільним використовувати такі технологічні показники:

1. Питома вага внутрішнього відвалоутворення.
2. Питому економію внутрішньокар'єрних перевезень.
3. Питому кількість додаткового рознесення бортів.
4. Режим гірничих робіт.

Питома вага внутрішнього відвалоутворення є відношенням обсягу внутрішнього відвалоутворення до обсягу розкривних порід у контурі кар'єру. Він відповідає коефіцієнту використання виробленого простору [32], який являє собою добуток питомого внутрішнього відвалоутворення і залишкового коефіцієнта розпушування порід при укладанні їх у внутрішній відвал. Він визначає ступінь використання виробленого простору як техногенний ресурс. Питома вага внутрішнього відвалоутворення та коефіцієнт використання виробленого простору можуть вимірюватися у частках одиниці або у відсотках. Діапазон їхньої зміни знаходиться в межах від 0 до 40%. При розробці відносно неглибоких родовищ великої протяжності ці показники можуть досягати 50, 60 і більше відсотків.

Питома економія внутрішньокар'єрних перевезень є відношенням зниження обсягів вантажоперевезень розкривних порід, що відбувається в результаті застосування внутрішнього відвалоутворення, до загального обсягу перевезень розкривних порід у кар'єрі.

Питомий обсяг додаткового рознесення бортів є відношенням цього обсягу до загального обсягу розкривних порід у кар'єрі. Питома кількість додаткового рознесення бортів та питома економія внутрішньокар'єрних вантажоперевезень, як і питома вага внутрішнього відвалоутворення, можуть вимірюватися у частках одиниці або у відсотках.

Режим гірничих робіт є питомих показником, так як це відношення одного обсягу (розкривних порід) до іншого (корисної копалини), і дає однозначну відповідь незалежно від умов.

Сукупність наведених технологічних показників, які можна вважати оціночними, є достатньою основою для встановлення зв'язків між цими показниками та визначальними їх факторами. Виявлення цих зв'язків у існуючих системах розробки з внутрішнім відвалом забезпечить створення передумов для їх адаптації до обмежених умов кар'єрного простору при розробці глибокозалягаючих рудних родовищ обмеженої довжини або створення альтернативних конкурентоспроможних систем та технологічних схем.

2.2. Дослідження параметрів та показників гірничих робіт при застосуванні схем формування внутрішніх відвалів

Ведення гірничих робіт із внутрішнім відвалоутворенням - одне з перспективних технологічних рішень, спрямованих на збереження ресурсів при відкритому видобутку мінеральної сировини. Однак дана технологія не знайшла належного застосування при розробці глибокозалягаючих родовищ обмеженої довжини, якими є більшість родовищ рудної та нерудної мінеральної сировини. Розроблена та застосовувана у вугільній

промисловості технологія ведення гірничих робіт з внутрішнім відвалоутворенням в умовах глибоких рудних кар'єрів малоефективна. Зокрема, застосування суцільних систем розробки з багатоярусними схемами внутрішнього відвалоутворення потребує в зазначених умовах значного обсягу робіт з додаткового рознесення бортів для розміщення розкривних виробок, витрати на виконання яких значно перевищують економію від зниження транспортних та інших витрат, які властиві даним схемам. Відносно невеликі обсяги додаткового рознесення бортів, характерні для поглиблювальної системи розробки, також не окупаються економією, що забезпечується цією системою.

Ефективним напрямом адаптації існуючих систем розробки до обмежених умов глибоких рудних кар'єрів є застосування способів формування робочої зони глибоких кар'єрів з крутими кутами робочих бортів і способів розкриття родовищ, що забезпечують суттєве зниження обсягів додаткового рознесення бортів для розміщення розкривних виробок.

В альтернативних системах розробки мають бути використані переваги та позитивні сторони існуючих систем. Це можливість значного зниження висоти підйому розкривних порід за рахунок багатоярусного формування внутрішніх відвалів, як це забезпечують суцільні системи розробки [33, 34], та зниження обсягів додаткового рознесення бортів для розміщення розкривних виробок, що характерно для поглиблювальних систем розробки [35]. Такою альтернативною системою, що забезпечує суттєве зниження висоти підйому розкривних порід і одночасне зменшення обсягів додаткового рознесення бортів для розміщення розкривних виробок, може стати система, заснована на поглиблювальних системах розробки та послідовному формуванні внутрішнього відвалу похилими ярусами з висотою, що зменшується в міру зниження гірничих робіт у кар'єрі другої черги [36]. При цьому у внутрішньому відвалі може розміщуватися весь розкрив з кар'єру другої черги або тільки її частина, обмежена по висоті (рис. 2.1). Вона являє собою виїмковий шар, який по висоті ділиться на окремі

виїмкові яруси з метою зниження висоти підйому розкривних порід і концентрації їх по окремих горизонтах транспортування та розміщення у внутрішньому відвалі. Кожному виїмковому ярусу відповідає свій відвальний ярус, внаслідок чого внутрішній відвал набуває ступінчастої форми. У цій системі, завдяки поділу шару виїмки на окремі виїмкові яруси, висота підйому розкривних порід скорочується в стільки разів, у скільки разів висота виїмального ярусу менше висоти виїмального шару. Таку систему можна назвати глибинною системою розробки з простою ступінчастою схемою внутрішнього відвалоутворення.

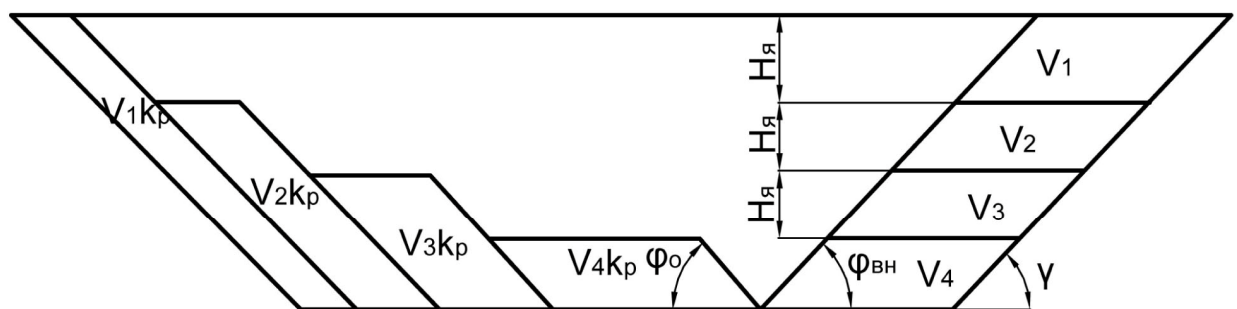


Рис. 2.1. Поглиблювальна система розробки із простою ступінчастою схемою внутрішнього відвалоутворення

Дослідження та розробки з адаптації існуючих систем розробки з внутрішнім відвалоутворенням до обмежених умов кар'єрного простору дозволяють сформуванню банків систем для оцінки можливостей та доцільності їх застосування при розробці глибокозалягаючих родовищ обмеженої довжини, якими є більшість рудних родовищ. Ці системи можна подати у вигляді чотирьох груп:

1. Поглиблювальні системи розробки із ступінчастими схемами внутрішнього відвалоутворення.
2. Поглиблювальні системи розробки із шаровими схемами внутрішнього відвалоутворення.
3. Суцільна система розробки із простою багаторівневою схемою внутрішнього відвалоутворення.
4. Змішана глибоко-суцільна система розробки зі складною

багатоярусною схемою внутрішнього відвалоутворення.

Перші дві групи включають системи із простими та складними схемами відвалоутворення. Простими є схеми, у яких внутрішній відвал формується однією чергу. Складними є схеми, у яких внутрішній відвал формується у дві черги.

Головним завданням щодо ефективності поглиблювальної системи з простою ступінчастою схемою відвалоутворення є визначення висоти і просторового розташування виймального шару. Це пов'язано з тим, що обсяги розкривних порід нижніх горизонтів відносно невеликі проти обсягів всього розкриву в контурах кар'єру. Ефект від їх розміщення у внутрішньому відвалі, як правило, значно менший у порівнянні з ефектом розміщення розкривних порід у цьому відвалі, наприклад, з горизонтів, розташованих у середній частині кар'єру.

Розмір та розташування виймального шару щодо дна кар'єру є одними з головних параметрів поглиблювальної системи із простою ступінчастою схемою відвалоутворення. Виймковий шар за висотою може чисельно дорівнювати глибині кар'єру або бути меншим за неї і при цьому розташовуватися в будь-якій по глибині частині кар'єру: верхній, середній або нижній. Це основний параметр, від якого практично залежить решта параметрів і показників гірничих робіт при застосуванні внутрішнього відвалоутворення, тобто основними факторами, що визначають технологічні показники даної системи розробки (питома вага внутрішнього відвалоутворення, питома економія внутрішньокар'єрних перевезень і обсяг додаткового рознесення бортів для розміщення розкривних виробок), є верхня і нижня позначки виймального шару.

Іншим фактором, що визначає оціночні показники, є висота виймального ярусу. Завдяки поділу виймального шару на окремі виймкові яруси, висота підйому розкривних порід скорочується в стільки разів, скільки разів висота виймального ярусу менше висоти виймального шару. Однак при цьому обсяг розкривних порід, що розміщуються у внутрішньому відвалі,

скорочується через зменшення середньої висоти внутрішнього відвалу та збільшення довжини кар'єру першої черги на шкоду довжині кар'єру другої черги. Зрештою, ефективність системи розробки залежить від оптимального співвідношення цих оціночних показників. Для різних варіантів глибини кар'єру та висоти виймального ярусу складено вихідні таблиці, де рядки характеризують верхню відмітку виймального шару, а колонки - його нижню відмітку. Таким чином, у вихідних таблицях для кожного значення глибини, довжини кар'єру та висоти виймального ярусу представлені всі можливі варіанти висоти та місця розташування виймального шару. Це наочно відображають таблиці 2.1, 2.2 та 2.3

Таблиця 2.1 - Довжина кар'єру другої черги, м

Верхня позначка виймального шару, м	Нижня позначка виймального шару, мм					
	300 (0,833)	240 (0,667)	180 (0,5)	120 (0,335)	60 (0,167)	0 (0)
360(1,0)	388	319	269	230	199	169
300 (0,833)		393	317	262	218	185
240 (0,667)			394	310	249	203
180(0,5)				391	288	230
120 (0,333)					376	280
60(0,167)						373

Таблиця 2.2 – Питома вага внутрішнього відвалоутворення, %

Верхня позначка виймального шару, м	Нижня позначка виймального шару, мм					
	300 (1,0)	240 (0,667)	180 (0,5)	120 (0,335)	60 (0,167)	0 (0)
360(1,0)	10,1	14,7	15,8	14,4	12,6	10,8
300 (0,833)		8,4	11,8	12,2	10,6	8,0
240 (0,667)			7,9	10,6	10,4	8,0
180(0,5)				4,8	5,8	3,7
120 (0,333)					2,9	2,7
60(0,167)						1,1

Таблиця 2.3 - Питома економія внутрішньокар'єрних перевезень, %

Верхня позначка виймального шару, м	Нижня позначка виймального шару, мм					
	300 (1,0)	240 (0,667)	180 (0,5)	120 (0,335)	60 (0,167)	0 (0)
360(1,0)	0	3,9	7,8	10,1	9,4	8,7
300 (0,833)		4,9	9,9	12,9	13,8	10,8
240 (0,667)			9,2	14,9	16,5	14,0
180(0,5)				8,4	10,3	8,6
120 (0,333)					6,7	6,8
60(0,167)						3,1

Вихідні дані подібних таблиць послужили основою встановлення залежності питомої ваги внутрішнього відвалоутворення та питомої економії внутрішньокар'єрних перевезень від нижніх меж виймального шару.

Найбільш значущим чинником, що визначає величину частки внутрішнього відвалоутворення, є верхня відмітка виймального шару. Чим вище відмітка, тим більша питома вага внутрішнього відвалоутворення. У всіх випадках (незалежно від нижньої позначки) він має максимальне значення при $H_в = H_к$. Максимальна питома економія внутрішньокар'єрних перевезень практично однаково залежить від верхньої та нижньої позначок виймального шару. Ці позначки знаходяться на висоті, відповідно, $(0,25-0,5)H_к$ й $(0,15-0,2)H_к$, рахуючи від дна кар'єра.

Поглиблювальна система розробки зі складною ступінчастою схемою відвалоутворення відрізняється від глибинної системи розробки з простою ступінчастою схемою тим, що породи нижніх горизонтів кар'єру другої черги розміщуються на раніше сформованих відвальних ярусах, в яких розміщені розкривні породи верхніх горизонтів. Таке розміщення розкривних порід нижніх горизонтів відповідає створенню внутрішнього відвалу другої черги, а проста ступінчаста схема відвалоутворення перетворюється на складну зі специфічними взаємозв'язками між оціночними показниками та визначальними факторами.

Створення відвалу другої черги веде, відповідно, до збільшення довжини кар'єру другої черги, частки внутрішнього відвалоутворення, а також до збільшення питомої економії внутрішньокар'єрних перевезень. Внутрішній відвал другої черги може розміщуватися: на одному крайньому відвальному ярусі внутрішнього відвалу першої черги (рис. 2.2 а); на двох крайніх відвальних ярусах внутрішнього відвалу першої черги (рис. 2.2, б); на трьох і більш крайніх ярусах відвалу першої черги.

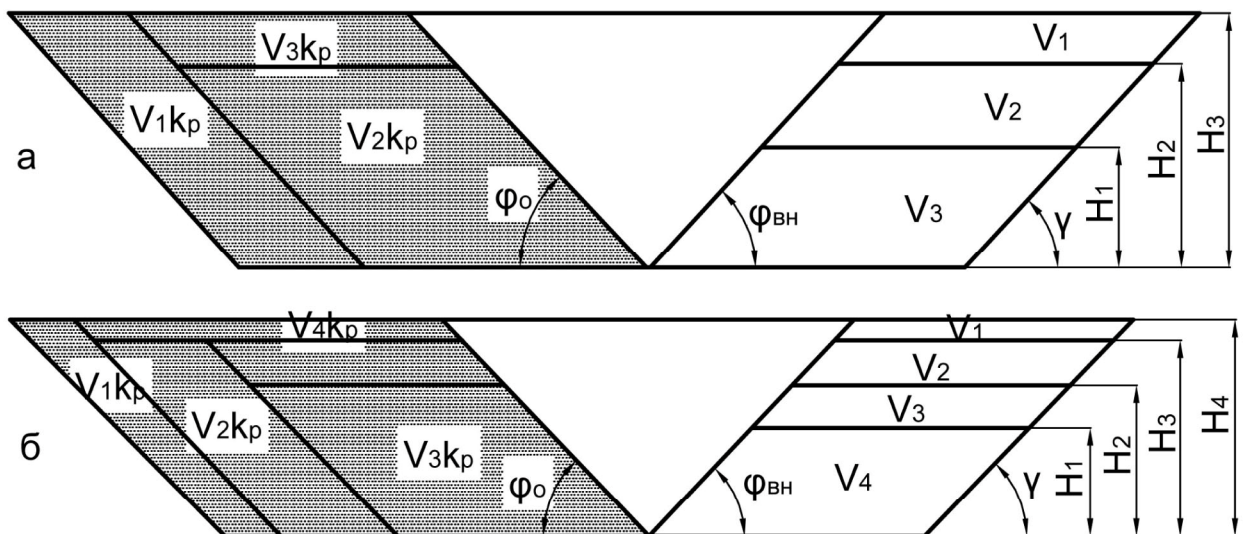


Рис. 2.2. Поглиблювальна система розробки зі складною ступінчастою схемою внутрішнього відвалоутворення:

а – одноярусний відвал другої черги; б - двоярусний відвал другої черги

Від виду відвалу другої черги та її характерних особливостей залежить порядок розрахунку всіх параметрів внутрішнього відвалоутворення у цій технологічній схемі. Основною особливістю внутрішнього відвалу другої черги є відповідність верхніх позначок його відвальних ярусів верхнім відміткам відвальних ярусів першої черги, тому що їх формування можливе з транспортних бERM цих ярусів.

Визначення параметрів відвалу другої черги - досить складна задача, особливо при великій глибині та невеликій довжині кар'єру. Її вирішення може бути значно спрощено при наступних припущеннях: у якості вирішення завдання використовується плоска модель, довжина відвальних

ярусів відвалу другої черги дорівнює довжині відвальних ярусів першої черги, на яких вони розміщуються.

Проведеними дослідженнями встановлено, що з кар'єрів глибиною 300 - 400 м, довжиною дна до 1000 - 1200 м і за умови дотримання рівності верхніх відміток відвалів першої та другої черги найбільш ефективним відвалом другої черги є одноярусний. У свою чергу, найбільш значущим параметром, що визначає ефективність такого відвалоутворення, є висота відвалу. Значний вплив на оціночні показники надають параметри кар'єру (довжина та глибина) та потужність рудного тіла.

Питома вага внутрішнього відвалоутворення з високим ступенем достовірності описується залежністю (рис. 2.3)

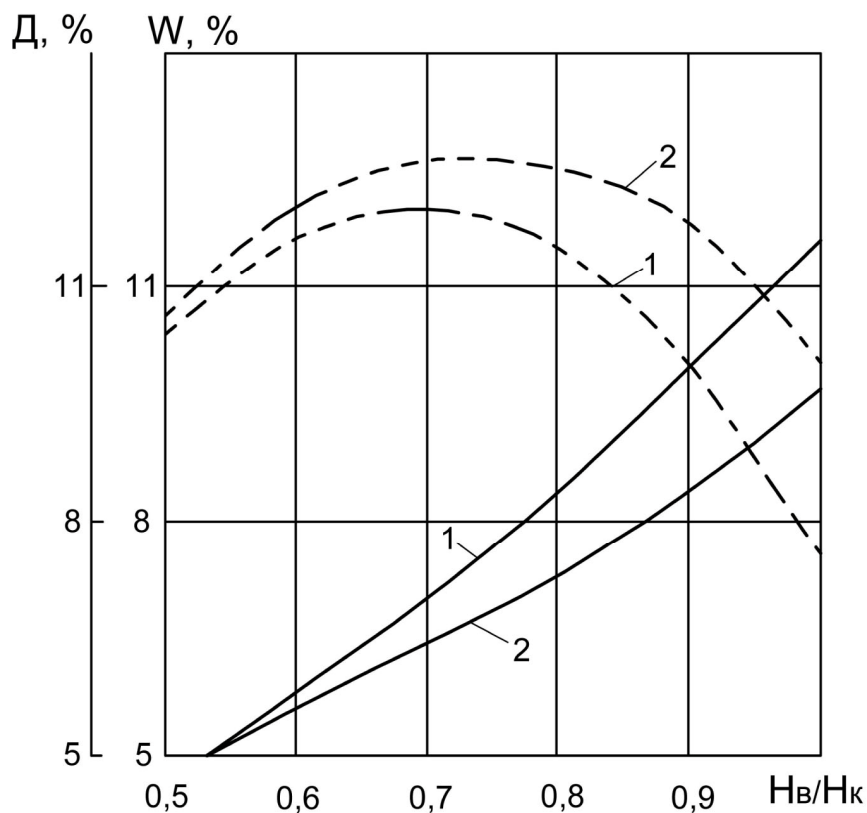


Рис. 2.3. Залежність максимальних значень частки внутрішньокар'єрного відвалоутворення (—) та питомої економії внутрішньокар'єрних перевезень (---) від відносної висоти виймального шару: 1 - складна поглиблювальна схема; 2 - проста поглиблювальна схема

Об'єм додаткового рознесення бортів, що забезпечує вантажотранспортний зв'язок робочих горизонтів з внутрішнім відвалом, включає в себе обсяг двох транспортних берм - одного, що розташовується на відмітці розвантажувального майданчика відвалу другої черги, і інший - на позначці розвантажувального майданчика нижнього ярусу відвалу першої черги.

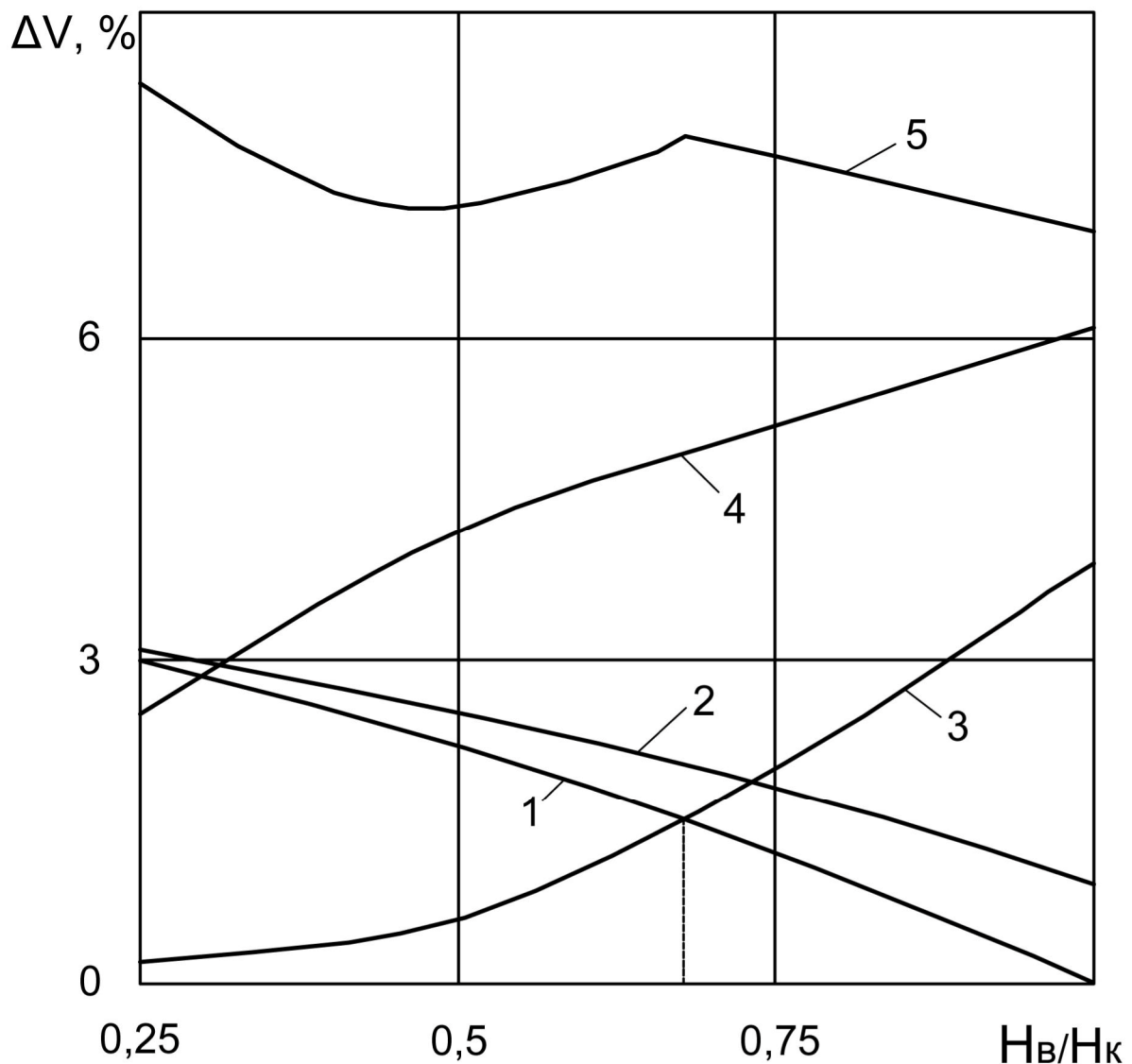


Рис. 2.4. Залежність обсягу додаткового рознесення бортів від відносної висоти виймального шару:

1, 2 - обсяги, відповідно, верхньої та нижньої транспортних берм; 3 - обсяг насипної берми; 4 - обсяг внутрішнього з'їзду; 5 - сумарний обсяг

Поглиблювальна система розробки зі складною ступінчастою схемою відвалоутворення має ряд переваг перед системою з простою ступінчастою схемою. Вона забезпечує більш високу економію внутрішньокар'єрних перевезень і, особливо, значно вища питома вага внутрішнього відвалоутворення. Питома вага внутрішнього відвалоутворення поглиблювальної системи розробки зі складною ступінчастою схемою при довжині кар'єру до 1000 м досягає двадцяти і більше відсотків. Однак ця система також має один важливий недолік - відносно великий обсяг додаткового рознесення бортів. Збільшений обсяг додаткового рознесення бортів обумовлений необхідністю будівництва додаткової транспортної берми для забезпечення вантажотransпортного зв'язку робочих горизонтів із внутрішнім відвалом другої черги. Обсяг цієї берми може сягати 3% загального обсягу розкривних робіт кар'єру. Уникнути цього додаткового обсягу можна оптимальним трасуванням внутрішнього з'їзду для того, щоб він, крім забезпечення вантажотransпортного зв'язку робочих горизонтів з поверхнею, забезпечував і вантажотransпортний зв'язок з розвантажувальним майданчиком відвалу другої черги.

Питома вага внутрішнього відвалоутворення поглиблювальних систем розробки в діапазоні довжини кар'єру від 400 до 1400 - 1600 м збільшується відносно рівномірно - в середньому на 3 - 4% на кожні 100 м збільшення довжини (рис. 2.5).

У суцільних і змішаних глибоко-суцільних системах розробки збільшення питомої ваги внутрішнього відвалоутворення відбувається нерівномірно: при довжині кар'єру в межах 0 - 600 м він дорівнює нулю, потім починається ріст і лише при довжині кар'єру 1400 - 1600 м він досягає значень, які відповідають заглиблювальним системам розробки. Так само нерівномірно за різних систем розробки відбувається зміна питомої економії внутрішньокар'єрних перевезень залежно від довжини кар'єру. При довжині кар'єру до 1400 - 1600 м більш вищі значення питомої економії внутрішньокар'єрних перевезень відповідають заглиблювальним, при довжині кар'єру понад 600 - 1200 м - суцільним і змішаним заглиблювально-суцільним системам (рис. 2.6).

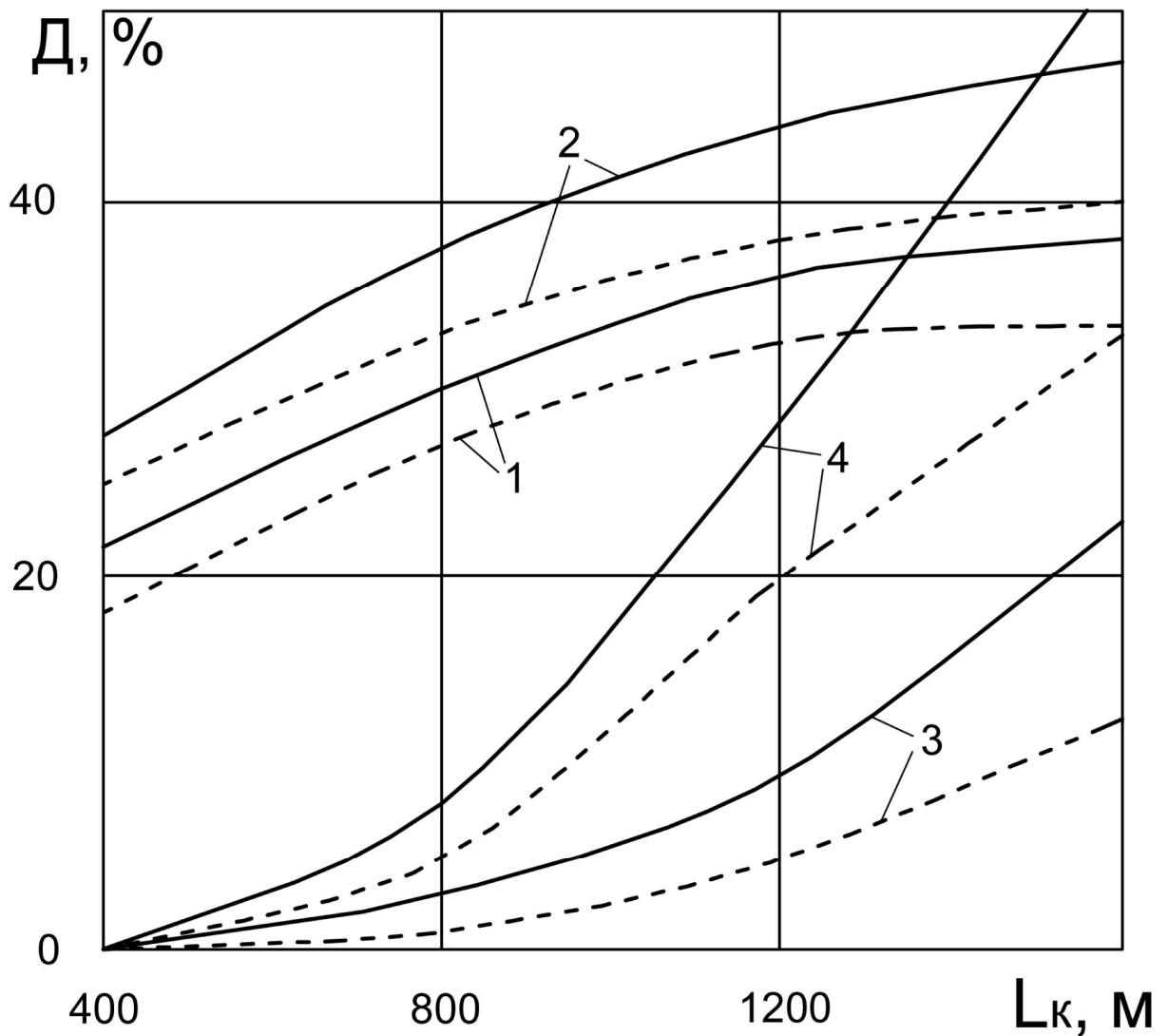


Рис. 2.5. Залежність частки внутрішнього відвалоутворення від довжини кар'єру:

1,2 - заглиблювальна система розробки зі складною ступінчастою схемою відвалоутворення; 3, 4 - суцільна система розробки з багатоярусною схемою відвалоутворення; 1 - $M = 50\text{м}$; 2 - $M=250\text{м}$; 3 - $\varphi = 14^\circ$; 4 - $\varphi = 26^\circ$;

(—) - $H_k = 300\text{ м}$; (- -) - $H_k = 400\text{ м}$

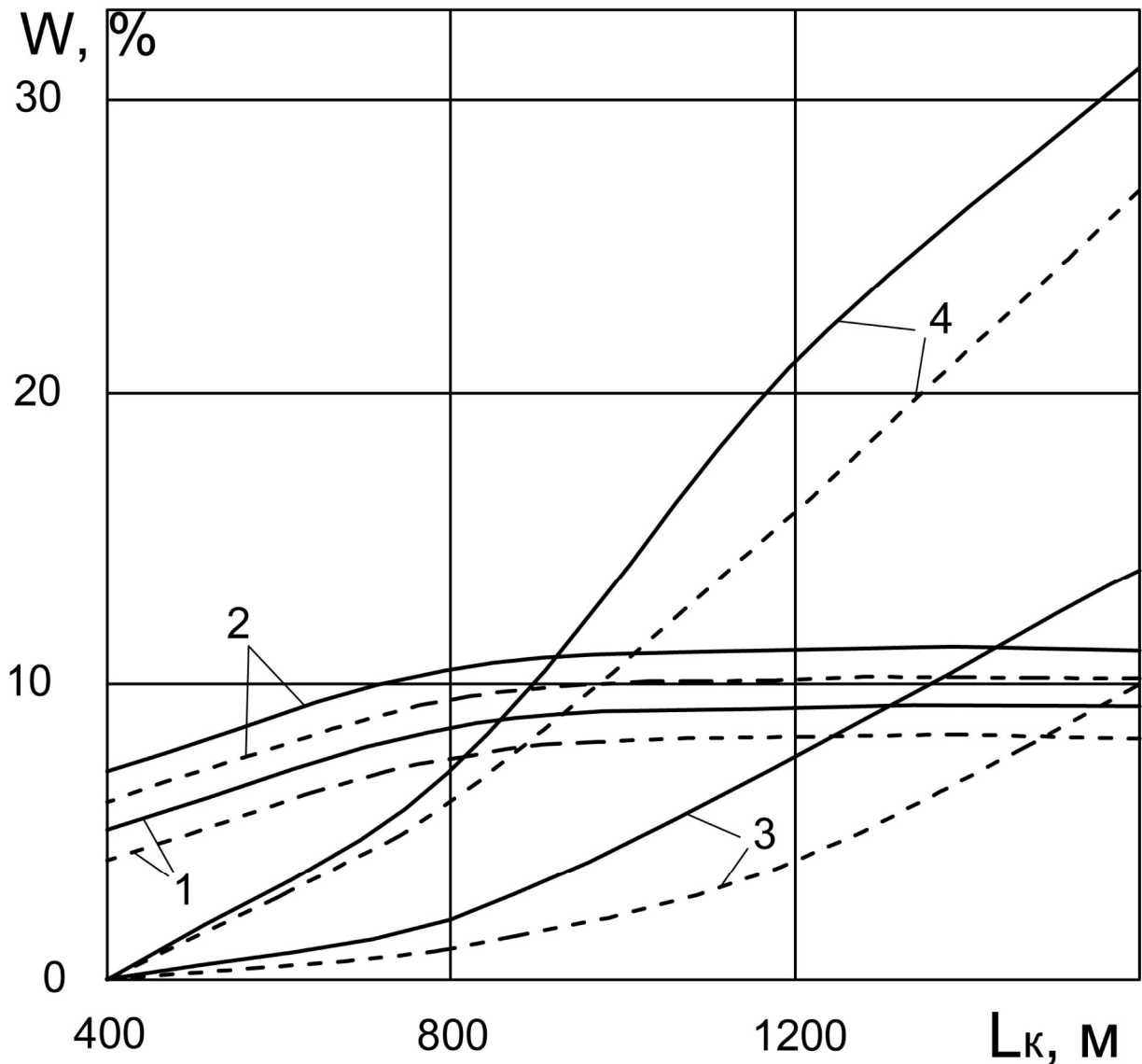


Рис. 2.6. Залежність питомої економії внутрішньокар'єрних перевезень від довжини кар'єру:

1, 2 - заглиблювальна система розробки із складною ступінчастою схемою відвалоутворення; 3,4 - суцільна система розробки з багатоярусною схемою відвалоутворення; 1 - $M = 50\text{м}$; 2 - $M = 250\text{м}$; 3 - $\varphi = 14^\circ$; 4 - $\varphi = 26^\circ$;

(—) - $H_k = 300\text{ м}$; (---) - $H_k = 400\text{ м}$

Величина додаткового рознесення бортів також говорить на користь заглиблювальних систем, особливо при складних схемах формування внутрішніх відвалів. Це пов'язано з тим, що немає потреби у транспортних

бермах на нижніх горизонтах, оскільки обсяги нижніх виїмкових ярусів розміщуються у відвалах другої черги. В результаті обсяги додаткового рознесення бортів у суцільній та змішаній системах заглиблювально-суцільної системи розробки значно перевищують відповідні обсяги в заглиблювальних системах (рис. 2.7). При висоті виїмального ярусу 60 м це перевищення становить 25 - 30%, при висоті більше 60 м різниця у величині додаткового рознесення бортів може досягати 100% і більше, тобто з точки зору додаткового рознесення бортів найбільш ефективними є також заглиблювальні системи розробки. Крім цього, заглиблювальні системи забезпечують найкращий режим розкривних та видобувних робіт. Це зумовлено більш крутими кутами укосу бортів, що є границею між кар'єрами першої та другої черги. При суцільних системах це робочі кути укосу бортів, при заглиблювальних – неробочі кути. Інакше кажучи, при довжині кар'єру по дну в межах 1400 - 1600 і глибині понад 300 - 400 м, що відповідає кар'єрним полям округлої форми, технологічні показники заглиблювальних систем розробки за ефективністю суттєво перевищують показники суцільних систем.

У свою чергу найбільш ефективною для формування внутрішніх відвалів, заснованих на заглиблювальних системах розробки, є складна ступінчаста і складна шарова схеми. Останні мають значні переваги, порівняно з відповідними простими схемами. Вони характеризуються набагато вищою вагою внутрішнього відвалоутворення та питомою економією внутрішньокар'єрних перевезень.

У середньому складні схеми формування внутрішніх відвалів забезпечують збільшення питомої ваги внутрішнього відвалоутворення порівняно з простими схемами на 15-20% та збільшення питомої економії внутрішньокар'єрних перевезень на 5-10%. Однак за величиною додаткового рознесення бортів вони обидві поступаються простою шаровою схемою формування внутрішніх відвалів.

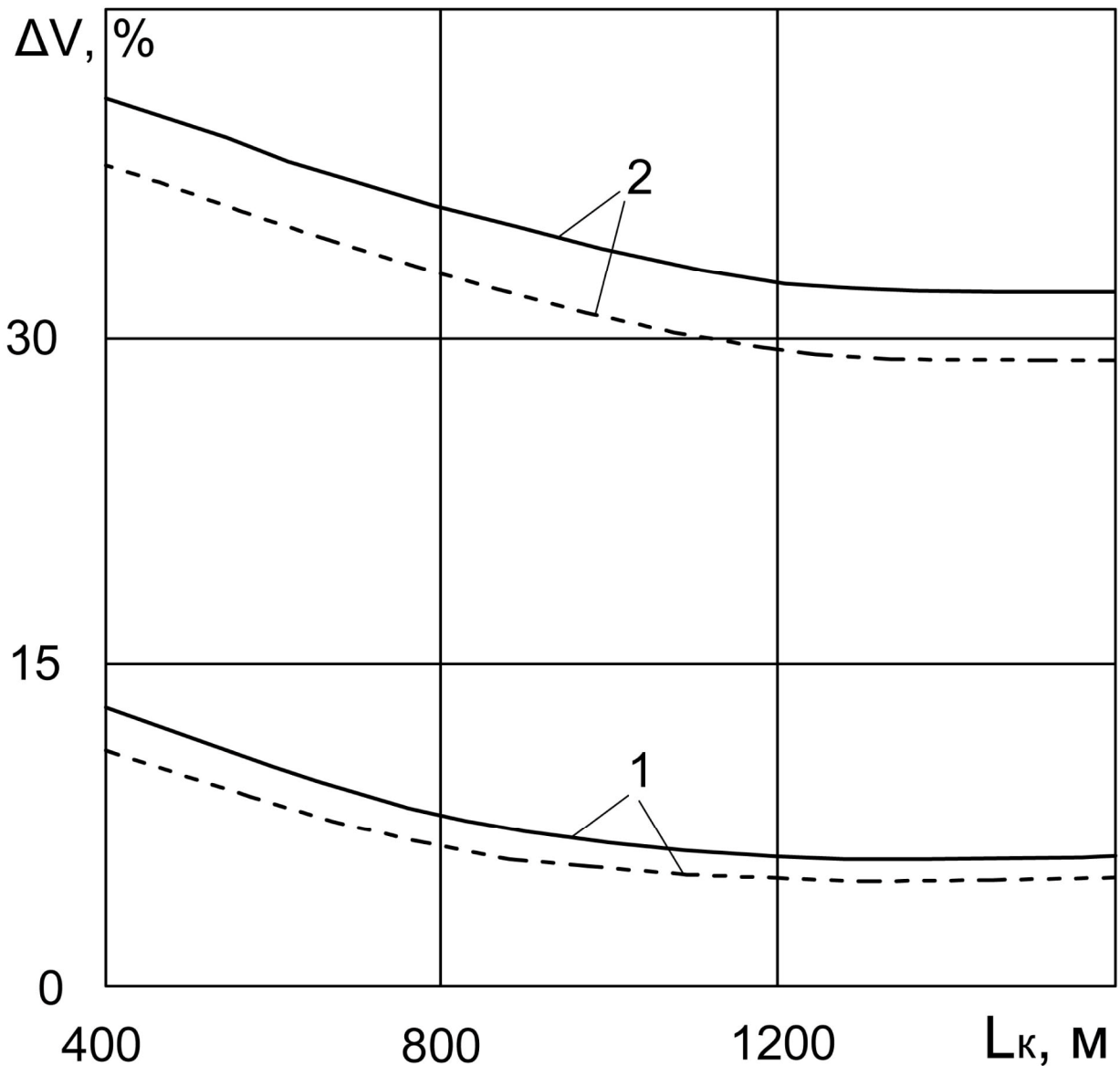


Рис. 2.7. Залежність відносного обсягу додаткового рознесення бортів від довжини кар'єру:

1 - заглиблювальна система розробки зі складною ступінчастою схемою відвалоутворення; 2 – суцільна система розробки з багатоярусною схемою відвалоутворення; (—) - $H_k=300\text{м}$; (- -) - $H_k=400\text{м}$

Таким чином, значні переваги за величиною технологічних оціночних показників з усіх систем розробки з внутрішнім відвалоутворенням, що відповідають умовам відпрацювання глибокозалягаючих родовищ обмеженої довжини, або округлих кар'єрних полів, мають заглиблювальні системи розробки зі складною ступінчастою схемою внутрішнього відвалу і

заглиблювальні розробки зі складною шаровою схемою внутрішнього відвалоутворення та заглиблювальна система розробки із простою шаровою схемою внутрішнього відвалоутворення. Однак більш об'єктивна оцінка цих систем розробки може бути на основі економічного аналізу. Тільки економічна оцінка є основою для визначення порівняльної ефективності різних систем розробки з різною величиною різнорідних оціночних показників та виявлення можливості застосування тієї чи іншої схеми внутрішнього відвалоутворення при розробці глибокозалягаючих родовищ обмеженої довжини. А це можна встановити тільки на основі виявлення взаємозв'язку економічних показників з визначальними факторами.

У порівнянні з технологією ведення гірничих робіт із зовнішнім відвалоутворенням найбільшу економію прямих витрат забезпечують: заглиблювальна система розробки зі складною ступінчастою схемою внутрішнього відвалоутворення при $H_в/H_к=1$; заглиблювальна система розробки з простою шаровою схемою внутрішнього відвалоутворення при $H_в/H_к=1$ та заглиблювальна система розробки зі складною шаровою схемою внутрішнього відвалоутворення при $H_в/H_к=0,89$. При цьому простежується загальна закономірність: економія прямих витрат підвищується зі збільшенням потужності рудного тіла, відстані перевезення покривних порід по поверхні і довжини кар'єру (рис. 2.8).

У цілому нині найефективнішою системою розробки є заглиблювальна зі складною ступінчастою схемою внутрішнього відвалоутворення. Вона забезпечує найбільшу економію прямих витрат при всіх значеннях вихідних показників: глибині і довжині кар'єру, відстані транспортування розкривних порід по поверхні та потужності рудного тіла. При висоті виймального шару $H_в=H_к$, довжині кар'єру $L_д=1000$ м і відстані від кар'єру до зовнішнього відвалу порожніх порід $l=2$ км економія прямих витрат становить 3-4 %, при $l=3$ км 7-8 %, забезпечуючи реальні можливості для успішного застосування внутрішнього відвалоутворення при розробці глибокозалягаючих родовищ обмеженої довжини. Отже, управлінням

послідовністю формування кар'єрного простору на основі запропонованих систем розробки та способів розкриття можливо створити умови розташування відвалів розкривних порід у місцях, що звільняються від рудних покладів.

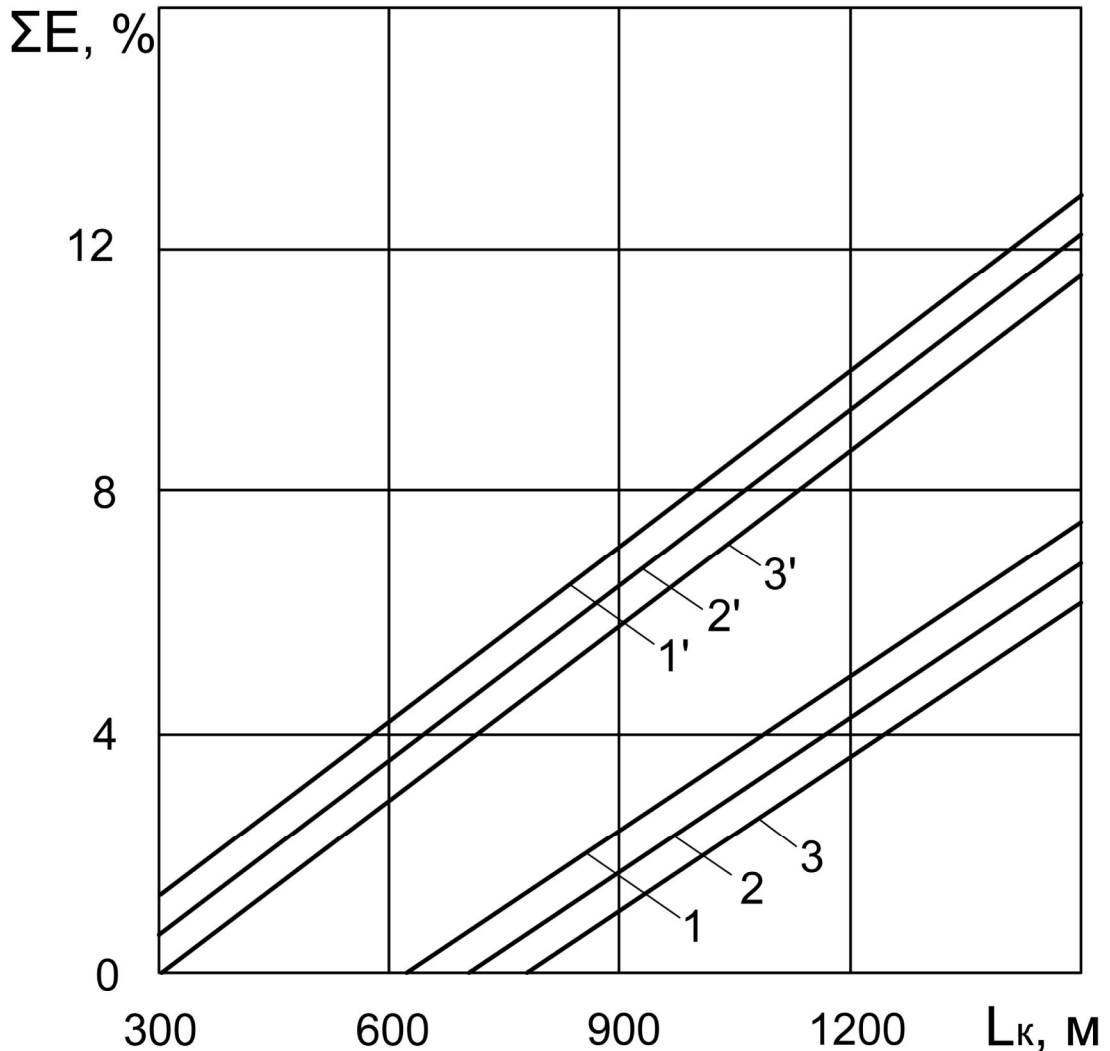


Рис. 2.8. Залежність економії прямих витрат від довжини кар'єру при застосуванні заглиблювальних систем розробки зі складною ступінчастою 1, простою шаровою 2 та складною шаровою 3 схемами внутрішнього відвалоутворення: 1, 2, 3 - $l_n = 1 \text{ км}$; 1', 2', 3' - $l_n = 3 \text{ км}$

2.3. Оцінка параметрів об'єктів, що формуються до закінчення розробки поля кар'єру

Вільна ємність у виробленому просторі оцінюється коефіцієнтом $K_c = 1 - V_b/V_{bp}$, де V_b , V_{bp} - обсяг розкриття, розміщеного у внутрішньому відвалі та ємність виробленого простору, м³.

Встановлено, що на об'єм вільної ємності основний вплив мають: напрямок відпрацювання кар'єрного поля, його довжина (L), глибина (H), кут падіння ґрунту нижнього шару свити (α) та фізико-механічні властивості порід розкриття та порід основи внутрішнього відвалу, що визначають його стійкість. При розробці поля падіння значення K_c визначається параметрами α і H , а L не має практичного впливу (рис. 2.9, а). При цьому $V_b = V_d + V_T$, де V_d, V_T - обсяги розкриття, що розміщуються у виробленому просторі перевалкою драглайними та засобами транспорту (при виконанні умов стійкості відвалів). Для похилих родовищ ($15^\circ < \alpha < 30^\circ$), при розробці їх за падінням одночасно на всю довжину $K_c = 1$, так як $V_b = 0$.

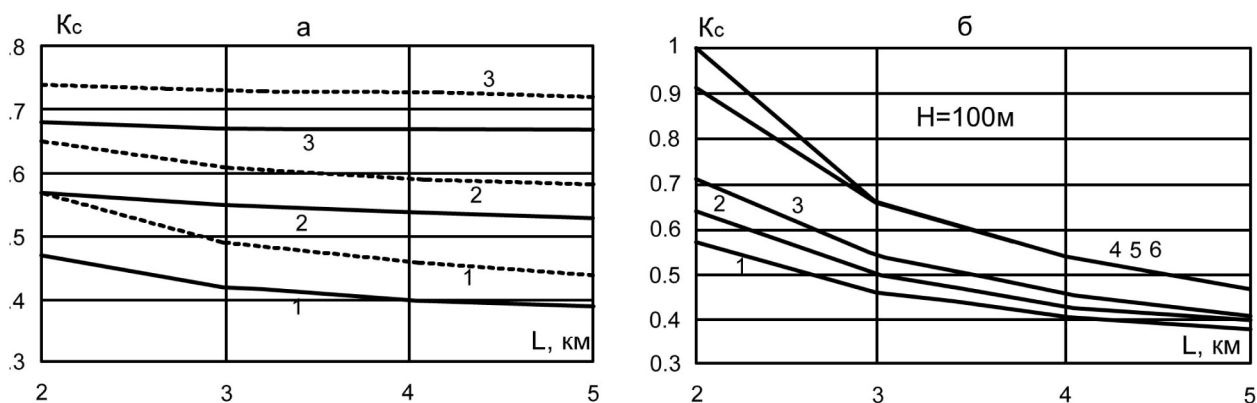


Рис.2.9. Залежність коефіцієнта вільної ємності виробленого простору від довжини кар'єру при розробці за падінням (а) та частини поля за простяганням (б): 1,....., 6 - $\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 15^\circ, 20^\circ, 30^\circ$; — $H=100$ м, - - - $H=150$ м.

Встановлено, що утворені після завершення відпрацювання за падіння пологих пластів ($5^\circ < \alpha < 15^\circ$), вільні ємності становлять 40-70% від обсягу виробленого простору, тобто коефіцієнт його використання - 30-60 %.

Інші закономірності отримані для порядку відпрацювання кар'єрного поля, коли незалежно від кутів падіння пластів частина поля відпрацьовується за падінням (піонерний блок), а частина, що залишилася, за простяганням (після відпрацювання піонерного блоку). Загалом обсяг розкриву, що розміщується у виробленому просторі за такого порядку становить: пологі пласти - $V_b = (V_d + V_T) + V_0 - V_x$, похилі $V_b = V_{0l} - V_{xl}$ де V_0, V_{0l} - об'єми розкриву, що виймаються при роботі за простяганням; V_x, V_{xl} - обсяги розкриву, що переміщуються у зовнішні відвали у перехідний період до повного розвитку внутрішнього відвалу. У цьому варіанті значення K_c (крім α та H) істотний вплив має довжина кар'єрного поля (рис. 2.9, б). Вільні ємності виробленого простору при відпрацюванні пологих пластів становлять 40-55%, а похилих - 50-70% (при $L > 3$ км) від його загального обсягу. Напрямок відпрацювання розосереджених пологих пластів за простяганням не дає відчутного ефекту в частині підвищення використання виробленого простору і, крім того, ускладнюється можливість застосування системи розробки з перевалкою розкриву.

2.4. Черговість відпрацювання свит пологих і пологоспадних зближених пластів

Одним із основних факторів, які необхідно враховувати при обґрунтуванні черговості відпрацювання кар'єрних полів, є відношення обсягу розкриву, що розміщується у внутрішньому відвалі, до обсягу виробленого простору кар'єру, який може бути виражений коефіцієнтом використання виробленого простору для внутрішнього відвалоутворення: $k = VB_{BO} / V_{PK}$. Встановлено, що забезпечення стабільності режиму гірничих

робіт здебільшого призводить до зниження коефіцієнта k . Особливо це стосується розробки похилих родовищ.

Величина розкриву, що розташовується на внутрішньому відвалі визначається з урахуванням наступних співвідношень:

$$VB_{BO} = \sum_{t=t_n}^{t_k} VB_{BO,t}, \left\{ \begin{array}{l} VB_{BO,t} = VO_t, \text{ якщо } VB_t \geq VO_t \\ VB_{BO,t} = VB_t, \text{ якщо } VB_t < VO_t \end{array} \right\} \quad (2.2)$$

де VB_{BO} - обсяг розкривних порід, що розміщуються у внутрішньому відвалі в t році; t_n, t_k - відповідно рік початку та кінця періоду відпрацювання кар'єру з внутрішнім відвалоутворенням; VB_t, VO_t , - обсяг розкривних порід та приймальна здатність відвалу в t році.

Прийомна здатність внутрішнього відвалу в t році розраховується на підставі інформації про його геометричну місткість $VO_g=f(V)$, отриману в результаті моделювання його розвитку, де V - швидкість руху відвалу. Якщо відомо, що в t році швидкість руху за технічними можливостями складе V_t то прийомна здатність $VO_t=f(V_t)$.

Завдання моделювання розвитку відвалу та розрахунку його геометричної місткості формулюється наступним чином:

Для кожного етапу i ($i=1, \dots, i_k$), що характеризується заданим посуванням фронту відвальних робіт L_{pi} на множині поперечних профілів

$P = \{p_n | y = y_n, n = 1, \dots, n_k\}$ побудувати безліч контурів робочого борту відвалу

$R = \{r_i^{(n)} = \{x_{j,i}^{(n)}, z_{j,i}^{(n)} | z_{j,i}^{(n)} = x_{j,i}^{(n)} \cdot \operatorname{tg} \gamma + c(L_{pi}, \alpha, \beta), j = 1, 2\}\}$, за умови

$z_{1,i,n} \leq z_{2,i,n} \leq z_{1,i,1}$ (стійкість у напрямку падіння пласта) та розрахувати $VO_{g,i}$ -

геометричну місткість відвалу в етапі i . Тут $x_{j,i}^{(n)}, z_{j,i}^{(n)}$ - координати ($j=1$ - нижньої, $j=2$ - верхньої) вузлових точок робочого борту відвалу на профілі n в етапі i ; γ - кут нахилу робочого борту відвалу; α, β - кут нахилу підвідвальної поверхні відповідно до падіння і простягання пласта.

Коефіцієнт використання виробленого простору кар'єру розглядався як функція глибини кар'єру (H, m), довжини першочергового блоку В.1 (L_{X1} ,

м), кута нахилу робочого борту відвалу (γ , град), швидкості просування відвалу (V_0 , м/рік). Результати досліджень представлені на рис. 2.10.

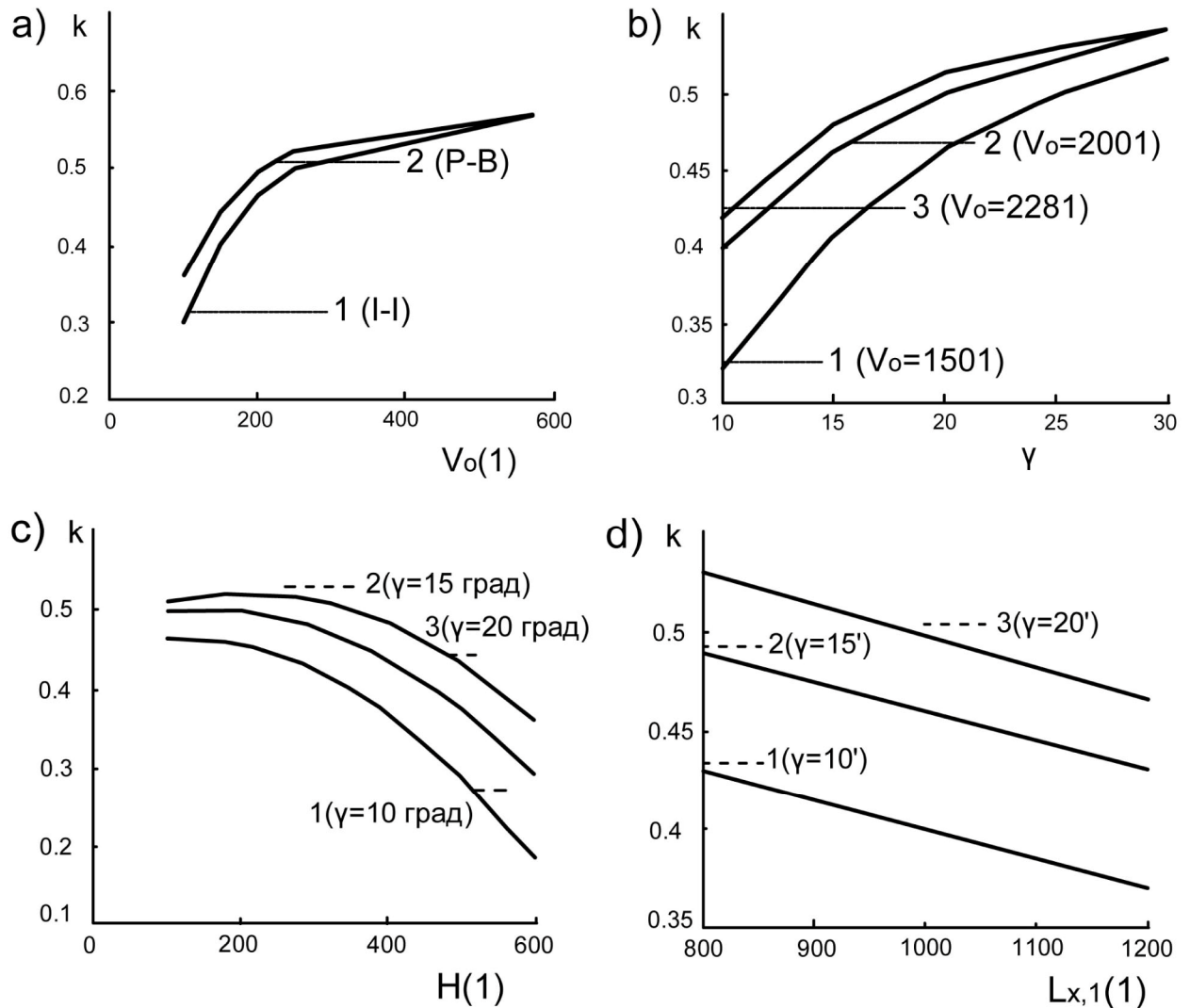


Рис. 2.10. Залежність коефіцієнта використання виробленого простору кар'єру для внутрішнього відвалоутворення при розробці похилих родовищ від швидкості розвитку відвалу (а), кута укосу робочого борту відвалу (б), глибини кар'єру (с) і довжини першочергового блоку (д). (P-B - поздовжня (спарені блоки) та P-P - поздовжньо поперечна системи розробки).

При побудові графіків (рис. 2.10) в кості постійних параметрів кар'єру прийняті: L_x - 5000 м, L_y = 1000 м, $L_{x,1}$ =1000 м, $L_{y,1}$ =1000 м, $L_{x,2i}$ = 4000 м, $L_{y,2i}$ = 308 м, H = 350 м, V_0 = 200 м, α = 20°. Значення параметрів, що варіюються, наведено на рис. 2.10.

Аналізуючи графіки можна зробити висновок, що при розробці похилих родовищ коефіцієнт використання виробленого простору кар'єрів довжиною 5000 м і глибиною 200 - 500 м змінюється залежно від черговості відпрацювання кар'єрного поля та технології відвалоутворення від 0,2 до 0,65. Вплив всіх аналізованих параметрів приблизно однаковий.

Залежності коефіцієнта використання виробленого простору кар'єру для внутрішнього відвалоутворення при розробці родовищ по падінню та простяганню пластів наведено на рис. 2.11, а, б [37].

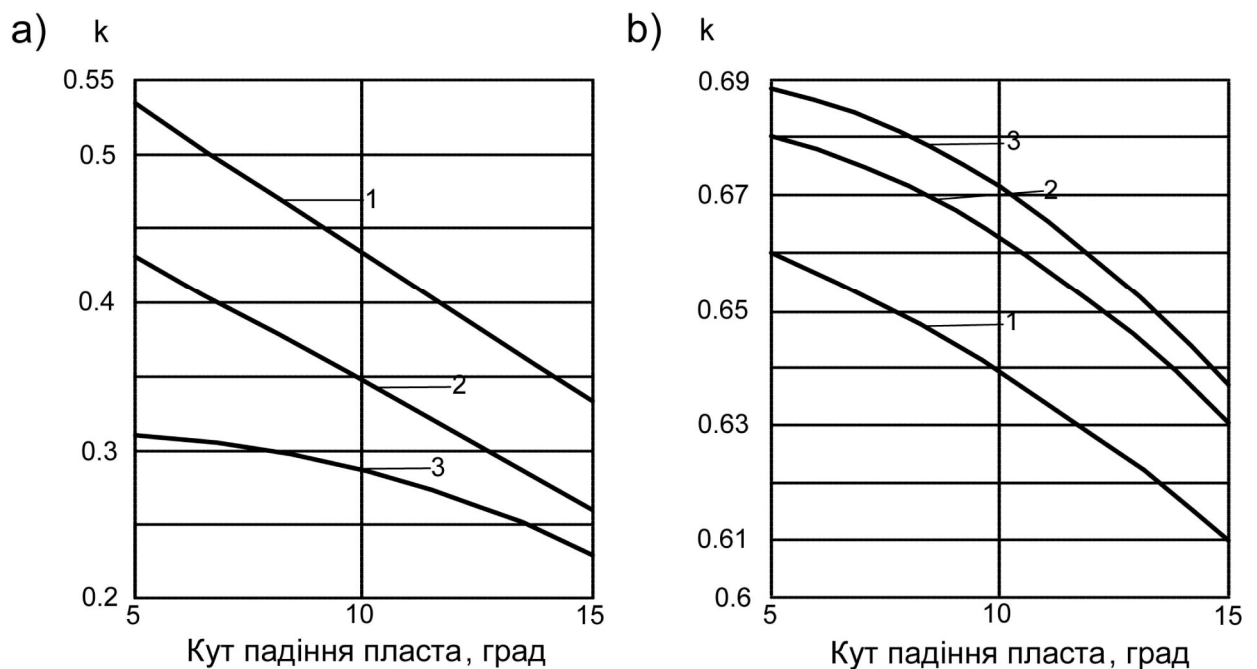


Рис. 2.11. Залежність коефіцієнта використання виробленого простору від кута падіння пласта: а) розробка за падінням; б) розробка за простяганням; 1, 2, 3 – $H = 100, 150, 200$ м.

Характер наведених кривих свідчить, що при відпрацюванні кар'єрів по падінню пластів (поздовжні системи розробки) коефіцієнт змінюється в межах 0,3 - 0,6 і залежить, головним чином, від глибини кар'єру та кута падіння пластів (ухилу підвідвальної поверхні). При відпрацюванні кар'єрів за простяганням пластів (повздовжньо-діагональні системи розробки) коефіцієнт k змінюється в межах 0,6 - 0,7 і залежить головним чином від глибини та довжини кар'єру.

Середні відстані транспортування розкривних порід при різноспрямованому русі фронту гірничих робіт порівняно з поздовжніми системами розробки досліджено Меньшонком П.П. Зокрема, встановлено, що ця відстань залежить головним чином від довжини першочергового кар'єру ($L_{x,1}$), кутів падіння пластів (α) і при використанні систем розробки з різноспрямованим рухом фронту гірничих робіт може бути скорочено в $1,5 \div 2$ рази.

Остаточний варіант вибору черговості відпрацювання кар'єрних полів, представлених свитами зближених пластів пологого та похилого падіння, здійснюється з урахуванням режиму гірничих робіт, місткості внутрішніх відвалів і дальності транспортування.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ.

Основні наукові результати, висновки та практичні рекомендації, отримані під час виконання досліджень та впровадження розробок, полягають у наступному.

1. Проведено аналіз показників роботи кар'єрів, динаміки обсягів відходів та їх впливу на довкілля. Виявлено, що останні роки характеризуються поступовим зростанням обсягів видобутку залізорудної сировини відкритим способом розробки. Проте з кожним роком гірничо-геологічні та гірничотехнічні умови розробки відкритим способом ускладнюються. Встановлено, що середньозважена глибина великих кар'єрів за 11 років збільшилася більш ніж на 80 м. Площа, яку займають гірничі виробниці та відвали, за останні 20 років, збільшилася на 40 %.

2. Аналіз практики складування відходів показав, що існуючі в даний час відвали, в основному, формувалися валовим способом з урахуванням лише двох вимог - мінімуму витрат на відвальні роботи та забезпечення стійкості укосів. При цьому не враховувалася можливість їхньої розробки в майбутньому з урахуванням удосконалення гірничо-збагачувальної техніки та технології, а також перегляду кондицій на корисну копалину. Проте огляд літератури по існуючим способам складування і можливим напрямкам використання відходів відкритої розробки показав, що в даний час досить опрацьована теорія зі селективного складування порід відвалів, теорія збереження корисних властивостей відвальних порід. У деяких роботах зазначено використання порід розкриву для будівництва великих земляних споруд, таких як греблі, хвостосховища. Крім того, відомі приклади використання порід відвалів для зміни ландшафту місцевості.

3. Основою для широкого застосування внутрішнього відвалоутворення при розробці глибокозалягаючих родовищ обмеженої довжини є адаптація існуючих систем розробки до обмежених умов

кар'єрного простору та створення альтернативних систем на основі використання переваг існуючих систем.

4. Встановлено, що заповнюваність виробленого простору кар'єру у процесі розробки пологих та похилих пластів перебуває у межах 30-60%. Звідси зрозуміло, як важливо використовувати незаповнену ємність. Але для цього необхідно обґрунтувати таку черговість відпрацювання родовища, яка дозволить використати даний ресурс і тим самим знизити негативний вплив відкритого видобутку не лише за рахунок розміщення розкриву у внутрішні відвали, а також за рахунок значного скорочення вилучення земель під зовнішні відвали під час розробки інших кар'єрних полів, розміщених на родовищі.

5. В умовах вітчизняних рудних кар'єрів, що характеризуються великою глибиною і малою довжиною, поліпшення технологічних показників технології ведення гірничих робіт з внутрішнім відвалом і доведення їх до конкурентоспроможного стану може бути досягнуто за рахунок регулювання керуючих факторів на основі кардинального вирішення питань розкриття та параметрів систем розробки.

На основі висновків можна сформулювати наступні рекомендації відносно подальшого розвитку питання підвищення ефективності технології відвалоутворення розкривних порід:

1. Встановити закономірності впливу черговості відпрацювання пологих та похилих покладів на режим гірничих робіт, показники використання виробленого простору кар'єру для внутрішнього відвалоутворення та дальність транспортування розкривних порід.

2. Обґрунтувати умови та сферу застосування внутрішнього відвалоутворення при розробці глибокозалягаючих рудних родовищ.

Бібліографія.

1. Крячко О.Ю. Управление отвалами открытых горных работ / О.Ю. Крячко - Недра, 1980. - 255с.
2. Русский И.И. Отвальное хозяйство карьеров / И.И. Русский. - 2-е изд. - Недра, 1971. - 115 с.
3. Панюков П.Н. Геомеханика отвальных работ на карьерах / П.Н. Панюков, В.В. Ржевский, В.В. Истомина, А.М. Гальперин. - Недра, 1972. - 156 с.
4. Мироненко В.А. Гидрогеологические исследования в горном деле / В.А. Мироненко. - Недра, 1976. - 92 с.
5. Фисенко Г.Л. Устройство бортов карьеров и откосов отвалов / Г.Л. Фисенко. - Недра, 1965. - 108 с.
6. Фисенко Г.Л. Устойчивость бортов угольных карьеров / Г.Л. Фисенко. - Углетехиздат, 1956. - 86 с.
7. Фисенко Г.Л. Оползни и дренаж на карьерах Никопольского марганцевого бассейна / Г.Л. Фисенко, И.И. Иванов, В.И. Веселков // Сб. трудов ВНИМИ. - 1964. - №52. - С. 206-214.
8. Инструкция по наблюдению за деформациями бортов, откосов и отвалов на карьерах и разработке мероприятий по обеспечению их устойчивости. - ВНИМИ-ВИОГЕН, 1971. - 45 с.
9. Ананьин Б.П. Гидромеханизация вскрышных работ на карьерах / Б.П. Ананьин. - Углетехиздат, 1963. - 59 с.
10. Полищук А.К. Техника и технология рекультивации на открытых разработках / А.К. Полищук, А.М. Михайлов, И.И. Заудальский. - Недра, 1977. - 91 с.
11. Токтыбаев К.М. Вопросы, возникающие при использовании гидроотвала для повторного отвала скальных пород / К.М. Токтыбаев, Х.Х. Ерголиев, С.А. Акатаев, В.А. Сулейменов // Горное дело. - 1974. - вып. 10. - С. 162-165.

12. Гальперин А.М. Специальные вопросы инженерной геологии при гидромеханизации открытых разработок / А.М. Гальперин М. - Изд-во горного ин-та, 1974. – 123 с.

13. Мельников Н.В. Краткий справочник по открытым горным работам / Н.В. Мельников. - Недра, 1974. – 186 с.

14. Норми технологічного проектування гірничодобувних підприємств із відкритим способом розробки родовищ корисних копалин. – Міністерство промислової політики України, м. Київ, 2007.– 279 с.

15. Методические указания по расчету устойчивости и несущей способности отвалов. - ВНИМИ, 1987.- 123 с.

16. Овешников Ю.М. Определение устойчивых параметров внешних отвалов Уртуйского бурогоугольного разреза / Ю.М. Овешников, В.А. Бабелло, В.А. Стетюха, В.Ю.Галинов // Вестник МАНЭБ. - 1992. – 43 с.

17. Рекомендации по параметрам бортов, уступов и отвалов разреза «Уртуйский» // заключительный отчет НИР. - ВНИМИ, 1990, 49 с.

18. Методические указания по определению углов наклона бортов, откосов, уступов и отвалов строящихся и эксплуатируемых карьеров. - ВНИМИ, 1972. – 29 с.

19. Повышение экологической безопасности внутреннего відвалоутворення на разрезе «Уртуйский» АОТ «ППГХО» // Заключительный отчет ОНИР. - ЧитГТУ, 2000. – 142 с.

20. Бабелло В.А. Оценка устойчивости откосов отвалов вскрышных пород экспериментально-аналитическим методом» / В.А. Бабелло, Ю.М. Овешников, В.А. Стетюха, В.Ю. Галинов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2001. - № 8. - С. 175-178.

21. Оценка влияния переменности физико-механических свойств горных пород на устойчивость отвалов Уртуйского разреза // Заключительный отчет НИР. – ЧитГТУ. – 2002. – 112 с.

22. Бабелло В.А. Обеспечение устойчивости отвала при наращивании его высоты / В.А. Бабелло, В.А. Стетюха, Ю.М. Овешников,

В.Ю. Галинов // Горный журнал. – 2001. - №8. - С. 10-13.

23. Бондарик Г.К. Полевые методы инженерно-геологических исследований / Г.К. Бондарик, И.С. Комаров, В.И. Ферронский. - Недра, 1967. – С. 45-51

24. Панюков П.Н. Геомеханика отвальных работ на карьерах / П.Н. Панюков, В.В. Ржевский, В.В. Истомина, А.М. Гальперин. - Недра, 1972. – 156 с.

25. Протасов А.И. Способ открытой разработки горизонтальных и пологих месторождений полезных ископаемых / А.И. Протасов. - А.с. № 985291. - Оpubл. в БИ №48, 1982.

26. Печенихин С.П. К вопросу отработки "Таллинского" месторождения / С.П. Печенихин // Вопросы вскрытия карьерных полей. - Новосибирск, 1972. - С. 230-238.

27. Печёнихин С.П. К вопросу расширения области применения бестранспортной технологии при отработке свит пластов пологого падения / С.П. Печёнихин, Т.И. Росова // Новое в теории проектирования и технологии открытых горных работ. - Новосибирск, 1974. - С. 121-127.

28. Печёнихин С.П. Влияние очередности отработки угольных месторождений на размещение вскрышных пород во внутренних отвалах / С.П. Печёнихин, Т.И. Росова // Международной конферен. по открытым и подземным горным работам. - 1998. - С. 33-35.

29. Васильев Е.И. Формирование внутренних отвалов при открытой разработке месторождений, представленных свитами рассредоточенных пологопадающих пластов / Е.И.Васильев // Сб. докл. Международной конференции «Проблемы геотехнологии и недроведения». - Екатеринбург, 1998. - Т.2.- С. 186- 190.

30. Фрейдина Е.В. Разработка открытым способом свиты пологопадающих угольных пластов с временным внутренним отвалообразованием / Е.В. Фрейдина, Е.И. Васильев // ФТПРПИ. - 1999. - №2. - С. 91- 99.

31. Хохряков В.С. Открытая разработка месторождений этапами / В.С. Хохряков // Изв. вузов. Горный журнал. - 1965. - № 10. - С. 15 - 26.

32. Трубецкой К.Н. Классификация способов формирования и использования выработанного карьерного пространства / К.Н. Трубецкой, А.А. Пешков, Н.А. Мацко // Ресурсосберегающие технологии открытой разработки месторождений. - М.: ИПКОН РАН, 1992. - С. 5-19.

33. Барабанов В.Ф. Разработка крутых и наклонных пластов открытым способом с размещением пустых пород в выработанном пространстве / В.Ф. Барабанов, П.И. Томаков, И.И. Дергачев // Уголь. - 1959. - № 12. - С. 12-15.

34. Томаков П.И. Природоохранные технологии открытой разработки крутых и наклонных угольных месторождений Кузбасса / П.И. Томаков, В.С. Коваленко // Уголь. - 1992. - №1. - С. 16-20.

35. Рутковский Б.Т. Блочный способ отработки карьерных полей с большим простиранием / Б.Т. Рутковский // Разработка угольных месторождений открытым способом: межвуз. сб. КузПТИ. - Вып. 1. - Кемерово, 1972. - С. 81-87

36. Саканцев Г.Г. Экологические аспекты при формировании карьерного пространства / Г.Г. Саканцев // Горный вестник. - 1996. - №4. - С. 74-77.

37. Танайно А.С. Обоснование порядка открытой разработки свиты пологих и наклонных пластов с использованием выработанного пространства под внутренние отвалы / А.С. Танайно // ФТПРПИ. - 1999. - №3. - С. 98-107.