

Міністерство освіти і науки України
Державний вищий навчальний заклад
«Національний гірничий університет»

Гірничий факультет
Кафедра *відкритих гірничих робіт*
(повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

дипломної роботи

магістра

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

спеціальності 184 “Розробка родовищ та видобування корисних
копалин”, спеціалізація “Відкрита розробка родовищ”

на тему: *“Удосконалення технології гірничих робіт при доробці запасів кар”*

Виконавець:

(підпис)

Гідерашко В.А.

Зав. кафедри:

(підпис)

Собко Б.Ю.

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка	Підпис
роботи	Панченко В.В.		
розділів:			
Рецензент			
Нормоконтроль	Пчолкін Г.Д.		

Дніпро

2018

“ЗАТВЕРДЖЕНО”

Завідувач кафедри
відкритих гірничих робіт

(повна назва)

Собко Б.Ю.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

(дата)

ЗАВДАННЯ

на виконання кваліфікаційної роботи

магістра

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

студенту групи *184 м 16-8 Гідерашко Владиславу Анатолійовичу*

Тема дипломної роботи “Визначення раціональних параметрів технології і організації розробки розсипних родовищ”

ПІДСТАВА ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ РОБОТИ

Наказ ректора ДВНЗ “НГУ” від _____ № _____

МЕТА І ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ РОБОТИ

Об’єкт досліджень – вітчизняні розсипні родовища по видобутку ільменітомістких пісків відкритим способом.

Предмет досліджень – технологія відпрацювання рудних пісків за допомогою екскаваторно-гідравлічного способу розробки розсипних родовищ.

Мета роботи – визначення і обґрунтування раціональних параметрів розробки розсипних родовищ для поліпшення техніко-економічних показників їх роботи.

Вихідні дані для проведення роботи:

- матеріали технічної документації Іршанського ГЗК;
- науково-технічні публікації, щодо технології і організації розробки розсипних родовищ з експлуатацією гідротранспорта.

ОЧІКУВАННЯ НАУКОВИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

Наукова новизна результатів очікується у наступному:

- отримані математичні залежності дозволяють виявити раціональні параметри технології розробки розсипних родовищ, які сприяють вести гірничі роботи без реконструкції і впровадження нового обладнання;

- розроблена методика взаємозв'язків параметрів системи дозволяє систематизувати і удосконалити організацію розробки розсипних родовищ екскаваторного-гідравлічним способом.

Практичне значення отриманих результатів полягає в тому, що отримані математичні залежності дозволяють визначити раціональні параметри розробки розсипних родовищ, завдяки чому можна організувати гірничі роботи без диверсифікації обладнання на кар'єрах Іршанського ГЗК.

ЕТАПИ ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Найменування етапів роботи	Термін виконання
1. Дослідження сучасного стану гірничих робіт на вітчизняних розсипних родовищах. Формування і постановка задач дослідження.	02.10.17- 21.10.17
2. Аналіз систем розробки в умовах експлуатації розсипних родовищ; Обґрунтування критеріїв ефективності розробки Межирічного родовища.	22.10.17- 20.11.17
3. Застосування результатів досліджень: - визначення раціональних параметрів розробки розсипних родовищ Іршанської групи для різних типів екскаваторів; - формування масиву даних з визначених параметрів, на базі яких виконати апроксимацію та кореляційно-регресійний аналіз, для побудови математичної моделі у вигляді поліному; - складання планограми організації гірничих робіт з урахуванням визначених раціональних параметрів	21.11.17- 15.01.18

РЕАЛІЗАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ТА ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ

Техніко-економічний ефект від реалізації результатів роботи очікується позитивним завдяки розрахованим раціональним параметрам розробки розсипних родовищ, які сприяють кращій організації гірничих робіт, без заміни обладнання.

Керівник кваліфікаційної роботи

(підпис)

Панченко В.В.

(прізвище, ініціали)

Завдання прийняв до виконання

(підпис)

Гідерашко В.А.

(прізвище, ініціали)

Дата видачі завдання: 02.10.17 р.

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 73 с., 24 рис., 18 табл., 21 джерело.

Об'єкт досліджень – вітчизняні розсипні родовища по видобутку ільменітомістких пісків відкритим способом.

Предмет досліджень – технологія відпрацювання рудних пісків за допомогою екскаваторно-гідравлічного способу розробки розсипних родовищ.

Мета роботи – визначення і обґрунтування раціональних параметрів розробки розсипних родовищ для поліпшення техніко-економічних показників їх роботи.

Методи дослідження. При вирішенні поставлених задач були використані такі методи: метод системного аналізу – при дослідженні сучасного стану гірничих робіт на розсипних родовищах Іршанської групи і для вивчення відомих науково-технічних розробок за темою дипломної роботи; аналітичний - для дослідження параметрів системи розробки розсипних родовищ; математичного аналізу – статистичної обробки результатів і отримання математичної моделі у вигляді полінома;

Наукова новизна одержаних результатів полягає в наступному:

- отримані математичні залежності дозволяють виявити раціональні параметри технології розробки розсипних родовищ, які сприяють вести гірські роботи без реконструкції і впровадження нового обладнання;

- розроблена методика взаємозв'язків параметрів системи дозволяє систематизувати і удосконалити організацію розробки розсипних родовищ екскаваторно-гідравлічним способом.

Галузь використання: розсипні родовища Іршанської групи.

Практичне значення отриманих результатів полягає в тому, що отримані математичні залежності дозволяють визначити раціональні параметри розробки розсипних родовищ, завдяки чому можна організувати гірничі роботи без диверсифікації обладнання на кар'єрах Іршанського ГЗК.

КЛЮЧОВІ СЛОВА – ГІДРОМОНІТОР, СИСТЕМА РОЗРОБКИ, ДРАГЛАЙН, РОСЗИПНІ РОДОВИЩА, ЗУМПФ, ПУЛЬПОВІД, ЗЕМЛЕСОСНА УСТАНОВКА, ФРОНТ ГІРНИЧИХ РОБІТ, ВИБІЙ, ГІДРОМЕХАНІЗАЦІЯ, МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ, ПОЛІНОМ, УСТУП.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1. СТАН ПИТАННЯ, МЕТА, І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ	
ДОСЛІДЖЕННЯ	10
1.1 Сучасний стан гірничих робіт на розсипних родовищах України.....	10
1.2 Аналітичний огляд літературних джерел з питань досліджень.....	18
1.3 Постановка мети, завдання і методів дослідження.....	24
Висновки по розділу	25
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ КРИТЕРІЇВ СИСТЕМИ З УРАХУВАННЯМ ДІЮЧОГО ОБЛАДНАННЯ НА РОЗСИПНИХ РОДОВИЩАХ	
РОДОВИЩАХ	26
2.1 Дослідження параметрів систем розробки в умовах експлуатації розсипних родовищ.....	26
2.2 Обґрунтування критеріїв ефективності розробки Межирічного родовища.....	30
2.3 Апроксимація та кореляційно-регресійний аналіз функціональної залежності.....	32
2.4 Дослідження факторів, що впливають на продуктивність гідромонітора.....	36
Висновки по розділу	42
РОЗДІЛ 3. ЗАСТОСУВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИ РОЗРОБЦІ РОЗСИПІВ НА КАР'ЄРАХ ІРШАНСЬКОГО ГЗК	
РОЗРОБЦІ РОЗСИПІВ НА КАР'ЄРАХ ІРШАНСЬКОГО ГЗК	43
3.1 Визначення раціональних параметрів розробки розсипів Іршанського ГЗК.....	43
3.2 Розрахунок і побудова математичних моделей взаємозв'язків параметрів системи розробки шляхом кореляційно-регресійного аналізу.....	56
3.3 Організація гірничих робіт з урахуванням інтеграції всіх результатів досліджень.....	61
Висновки по розділу	66

	6
ЗАГАЛЬНИЙ ВИСНОВОК	67
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	69
Додаток А	71
Додаток Б	72

ВСТУП

Актуальність теми. Україна є другою, основною країною СНД за запасами титану. Розвідані запаси його складають 40,5% від загальних запасів країн СНД [1]. Основні запаси приурочені до великих ільменіт-рутил-цирконієвих розсипних родовищ – Малишевське та Іршанської групи розсипів.

Слід зазначити, що видобуток ільменіту здійснюється екскаваторно-гідравлічним способом і на території України діють підприємства з видобутку та переробки титанової руди які були введені в експлуатацію в 60-х роках минулого століття. У зв'язку з цим потрібно провести реконструкцію існуючих способів відпрацювання розсипних родовищ. Для цього необхідно проаналізувати безпосередньо технологію видобутку рудних пісків, з метою визначення раціональних її параметрів, що сприяє кращій організації ведення гірничих робіт, зокрема на розсипних родовищах.

Удосконалення технології видобутку та переробки мінеральної сировини за рахунок застосування нового обладнання на гірничо-збагачувальних комбінатах (ГЗК) України є тенденцією, однак введення в експлуатацію нової техніки тягне за собою значні матеріальні вкладення. Тому на базі аналізу сучасного стану гірничих робіт, з урахуванням діючих схем видобутку, необхідно поліпшити організацію розробки розсипних родовищ і визначити раціональні параметри технології видобутку і переробки рудних пісків. Специфіка економіки титанового виробництва така, що витрати на видобуток і збагачення мають незначну вагу – близько 4,0% від загальних витрат на виробництво губчастого титану, тому підвищення техніко-економічних показників роботи кар'єрів з видобутку ільменіту шляхом визначення раціональних параметрів технології та організації розробки розсипних родовищ є актуальною науково-практичною задачею.

У зв'язку з цим в дипломній роботі визначені оптимальні параметри технології розробки розсипних родовищ на базі Іршанського ГЗК, шляхом статистичної обробки результатів і побудовою математичних моделей у вигляді поліномів. Отримані рівняння регресії дозволяють раціоналізувати параметри

системи розробки та їх взаємозв'язок, такі як: швидкість посування забою, ширину заходки екскаватора, крок пересування зумпфа і гідромонітора.

Об'єктом дослідження є вітчизняні розсипні родовища з видобутку ільменітомістких пісків відкритим способом.

Предметом досліджень є технологія відпрацювання рудних пісків за допомогою екскаваторного-гідравлічного способу розробки розсипних родовищ.

Основна ідея роботи полягає у встановленні взаємозв'язків параметрів системи розробки шляхом математичного моделювання для кращого планування гірничих робіт на розсипних родовищах, що забезпечить останнім подальшу роботу без застосування нового обладнання і реконструкції технології видобутку та переробки мінеральної сировини.

Мета роботи – визначення та обґрунтування раціональних параметрів розробки розсипних родовищ для поліпшення техніко-економічних показників їх роботи.

Для досягнення поставленої мети в роботі потрібно вирішити такі завдання:

1. Проаналізувати сучасний стан гірничих робіт на розсипних родовищах України;
2. Дослідити параметри системи розробки з урахуванням діючого обладнання на кар'єрах по видобутку ільменітовмісних пісків;
3. Провести статистичну обробку результатів досліджень та на їх основі скласти математичну модель взаємозв'язків параметрів системи розробки;
4. Виконати організацію розробки розсипних родовищ з урахуванням інтеграції всіх результатів дослідження;

Для вирішення поставлених завдань в роботі використовуються наступні методи наукових досліджень: метод системного аналізу – при дослідженні сучасного стану гірничих робіт на розсипних родовищах Іршанської групи і для вивчення відомих науково-технічних розробок за темою дипломної роботи; аналітичний - для дослідження параметрів системи розробки розсипних

родовищ; математичного аналізу – статистичної обробки результатів і отримання математичної моделі у вигляді полінома;

Наукова новизна результатів досліджень полягає в наступному:

- отримані математичні залежності дозволяють виявити раціональні параметри технології розробки розсипних родовищ, які сприяють вести гірничі роботи без реконструкції і впровадження нового обладнання;

- розроблена методика взаємозв'язків параметрів системи дозволяє систематизувати і удосконалити організацію розробки розсипних родовищ екскаваторно-гідравлічним способом.

Практична цінність отриманих результатів полягає в тому, що отримані математичні залежності дозволяють визначити раціональні параметри розробки розсипних родовищ, завдяки чому можна організувати гірничі роботи без диверсифікації обладнання на кар'єрах Іршанського ГЗК.

РОЗДІЛ 1. СТАН ПИТАННЯ, МЕТА, І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Сучасний стан гірничих робіт на розсипних родовищах України

Україна є другою основною країною СНД за запасами титану. Розвідані запаси титану складають 40,5% від загальних запасів країн СНД, запаси цирконію - 19,1%. Основні запаси приурочені до великих ільменіт-рутил-цирконієвих розсипних родовищ – Малишевське та Іршанської групи розсипів. В даний час експлуатуються тільки розсипні титан-цирконієві родовища (Вільногірський гірничо-металургійний комбінат і Іршанський ГЗК).

Зміст ільменіту в розроблюваних родовищах України коливається від 34,8 кг/м³ в Малишевському до 75,7 кг / м³ в родовищах Іршанської групи. Для порівняння: в родовищі Річардс-Бей (ПАР) міститься 50 кг/м³ ільменіту, родовищі Енніба в Австралії - 37 кг/м³, родовищі Чаваррі в Індії - 122 кг/м³ [2, 3].

В Україні переробку ільменітових концентратів титанових родовищ з отриманням пігментного діоксиду титану ведуть ЗАТ «Кримський титан» і ВАТ «Сумихімпром», а також виробник металевого титану КП «Запорізький титано-магнієвий комбінат». До підприємств титанового комплексу відносяться і орендовані ЗАТ «Кримський титан» у держави Іршанський ГЗК і Вільногірський ГМК.

Державна компанія «Сумихімпром» спеціалізується на випуску діоксиду титану, сірчаної кислоти, жовтих і червоних залізооксидних пігментів, складних мінеральних добрив і коагулянтів для очищення води.

За даними «Укррудпром», на частку діоксиду титану припадає близько 90% загального обсягу продажу продукції підприємства ЗАТ «Кримський титан». Воно випускає також такі види хімічної продукції, як залізооксидні пігменти, мінеральні добрива, сірчану кислоту, сульфід алюмінію, алюмінат натрію, рідке скло, залізний купорос, фосфогіпс.

Встановлені потужності українського виробництва знаходяться на рівні підприємств Франції, Фінляндії, Мексики, але поступаються в 2,0 – 2,5 рази

відповідними показниками таких лідерів ринку, як Австралія, Великобританія, Японія.

В Україні кар'єр Вільногірського ГМК, який переробляє руду Малишевського родовища, відпрацьовується двома ділянками: ділянка «Північ» і ділянка «Південь». На ділянках кар'єрів застосовується комбінована система розробки. Перед фронтом розкривних робіт автоскреперами знімається чорнозем з укладанням його в бурти уздовж відповідних бортів кар'єрів з подальшим нанесенням на рекультиваційну площу. Передові розкривні уступи відпрацьовуються комплексом у складі роторного екскаватора, системи стрічкових конвеєрів, перевантажувача і відвалоутворювача з укладанням порід у внутрішній відвал. Укладання розкривних порід у відвал виконується двома ярусами щодо горизонту установки відвального конвеєра і відвалоутворювача. Нижче розташовані два розкривних уступа, які відпрацьовуються по транспортній системі екскаваторами з вивантаженням в автотранспорт і вивезенням породи у внутрішній відвал. Видобувний горизонт відпрацьовується екскаваторами з вивантаженням в автотранспорт і транспортуванням руди пересувними пульпонасосними станціями. Далі, шляхом гідромоніторного розмиву, пульпа по пульповодах ґрунтовими насосами подається на збагачувальну фабрику.

Іршанський ГЗК здійснює розробку ільменітовмісних розсипних родовищ Іршанської групи. В даний час в процесі розробки знаходяться Іршанське, Верхньо-Іршанське, Лемненське і Межирічне родовища.

Беручи до уваги конкретні гірничо-геологічні умови, при відпрацюванні кар'єрів прийнята: на розкривних роботах – безтранспортна система розробки з переєкскавацією розкривних порід у відпрацьований простір, на видобувних роботах – екскаваторно-гідролінійний спосіб розробки з гідротранспортом рудних пісків на збагачувальну фабрику первинного збагачення

На розкривних роботах використовуються драглайни ЕК-10/60, ЕК-10/70, ЕК-11/70 і ЕК-15/90. Середня ширина заходки близько 100 м. Дана ширина є мінімальною за умовами ведення робіт екскаватором-драглайном ЕК-10/70 і при

цьому забезпечує найменші обсяги переекскавації розкривних порід при їх укладанні в вироблений простір або на робочий борт кар'єру.

На видобувних роботах в якості видобувного обладнання застосовуються екскаватори ЕК-5/45, ЕК-6,5/45, ЕК-10/70, ЕК-11/70, ЕК-15/90, гідромонітор ГМД-250 з дистанційним управлінням і землесосні установки ГРТ-1600/50.

Розробку в кар'єрах ведуть двома уступами – верхній розкривний, нижній видобувний. Висота уступів встановлюється виходячи з потужності розкривних порід і рудних пісків. Екскаватори, задіяні на видобутку, складують рудні піски безпосередньо з вибою на покрівлю рудного шару. Два гідромонітора з насадками виконують розмив конуса рудних пісків. Далі руду через приймальний зумпф системою гідротранспорту подають на збагачувальну фабрику первинного збагачення.

Усі титаномістячі руди для подальшої їх переробки на губчастий титан або пігментний діоксид титану необхідно піддавати збагаченню. Даною роботою при аналізі підприємств гірничо-металургійного комплексу виявлено те, що в Україні на Іршанському ГЗК і Вільногірському ГМК концентрат ільменіту отримують за схемами з використанням гравітаційного, електричного і магнітного методів збагачення.

На рис. 1.1 представлена принципова схема збагачення титан-цирконієвих пісків ВГМК. З неї видно, що Вільногірський гірничо-металургійний комбінат використовує багатостадійну систему збагачення, яка включає в себе ряд допоміжних і основних робіт, для випуску декількох видів товарної продукції. Як бачимо з рис. 1.1, в результаті збагачення ВГМК отримує цирконієвий і дістеновий концентрати.



Рис.1.1. Принципова схема збагачення титан-цирконієвих пісків ВГМК

Виробництво на збагачувальних фабриках Вільногірського ГМК включає три переділу: рудопідготовка, первинне збагачення, дозбагачення первинного концентрату і отримання товарних концентратів. Відділення рудопідготовки включає просіювання вихідних пісків з вивідом в відвал надрешітного продукту контрольного гуркоту (клас +6 мм); обісшамлювання в гідроциклонах діаметром 1,0 і 0,75 м і струменевих зумпфах діаметром 15, 18 і 10 м, згущення і складування відмитих пісків в зумпфах.

Відділення первинного збагачення відмитих пісків передбачає основну, промпродуктову і контрольну концентрації на конусних сепараторах з отриманням колективного концентрату і відвальних хвостів. Відділення дозбагачення включає електричну сепарацію висушеного колективного концентрату, окрему обробку провідникової і непровідникової фракцій з використанням магнітної сепарації, гравітаційного збагачення, а також електричну і магнітну сепарацію чорнових концентратів. У табл. 1.1 представлені проектні технологічні показники переробки рудних пісків Вільногірського ГМК.

Стратегія розвитку підприємства передбачає інвестування коштів на відпрацювання чинної комплексної ділянки Малишевського родовища (Східна), а також для розширення в перспективі сировинної бази комбінату шляхом освоєння Мотроно-Аннівської ділянки.

Таблиця 1.1 – Проектні технологічні показники переробки рудних пісків Вільногірським ГМК

Найменування показників	Одиниця виміру	Значення	
		проект	факт
Зміст в пісках	кг/м ³		
- ільменіту			38,0
- рутила			14,4
- циркону			9,4
- дистена+силіманіта			10,0

Продовження табл. 1.1

- ставроліту	кг/м ³	10,0
Витяг в товарні концентрати:		
- ільменіту		85,0/86,0
- рутила	%	90,0/88,7
- циркону		91,0/89,5
- дистена+силіманіта		46,0
- ставроліту		50,0
Зміст в товарних концентратах		
- ільменіту		93,0
- рутила	%	98,0
- циркону		96,0
- дистена+силіманіта		91,0
- ставроліту		90,0

На Іршанському ГЗК первинне збагачення виконується на збагачувальних фабриках кар'єрів № 5, 6, 7, 8 і 9. Доведення ільменітових концентратів здійснюється із застосуванням гравітаційних та магнітних методів і розділяється на чотири основних збагачувальних переділу:

- Підготовка пісків до збагачення – здійснюється з метою розмиву (дезінтеграції) пісків, поданих на фабрику, видалення великих (більше 4,0 мм) і дрібних (менше 0,05 мм) класів, які практично не містять ільменіт. До складу цих класів входить великий кварц, галька, польовий шпат, каолін, глина тощо. Підготовку пісків проводять в мокрому режимі (у вигляді пульпи) за допомогою декількох стадій операцій дезінтеграції, просіювання і обісшамлювання. Основним обладнанням цих операцій служать скрубери, інерційні грохоти і гідроциклони. Продуктом підготовки пісків є так звана «зерниста маса», яка містить 8 ... 15% ільменіту.

- Гравітаційне збагачення – здійснюється з метою видалення основної маси порожньої породи, тобто кварцу, зерна якого майже в два рази легше зерен ільменіту. Цей етап збагачення проводиться за допомогою декількох стадій гвинтової сепарації. Основним обладнанням є гвинтові сепаратори різних моделей. Продуктом гравітаційного збагачення служить чорновий концентрат ільменіту, який містить до 70% ільменіту.

- Мокра магнітна сепарація – оскільки ільменіт на відміну від кварцу має магнітні властивості, то в процесі мокрої магнітної сепарації здійснюється доочищення здебільшого чорного ільменітового концентрату до масової частки ільменіту більше 94,5% (готова продукція). Сепарацію проводять на валкових електромагнітних сепараторах типу ЕВС.

- Суха магнітна сепарація – оскільки магнітна сепарація в мокрому режимі недостатньо ефективна і не дозволяє досягти максимального вилучення ільменіту в кінцевий продукт, то для вилучення ільменіту з відходів мокрої магнітної сепарації застосовується суха магнітна сепарація, яка проводиться на валкових електромагнітних сепараторах типу 2ЕВС-36/100. Кінцевим продуктом є концентрат ільменіту з масовою часткою ільменіту не менше 94,5%.

Крім перерахованих вище основних операцій, в технологічній схемі збагачення застосовуються допоміжні операції: зневоднення і сушка. Вони здійснюються за допомогою зневоднюючих конусів, вакуум-фільтрів і барабанних печей.

Для підвищення ефективності процесу збагачення на Іршанському ГЗК планується виконання наступних заходів: придбання та встановлення на фабриці Лемненського родовища допоміжного магнітного сепаратора 4ЕРМ; реконструкція довідної фабрики № 1 з встановленням двох магнітних сепараторів 4ЕРМ; поетапна заміна гвинтових сепараторів на фабриках первинного збагачення. Принципова схема та показники збагачення ільменітових пісків Іршанського ГЗК представлені на рис.1.2 і табл.1.2, відповідно.

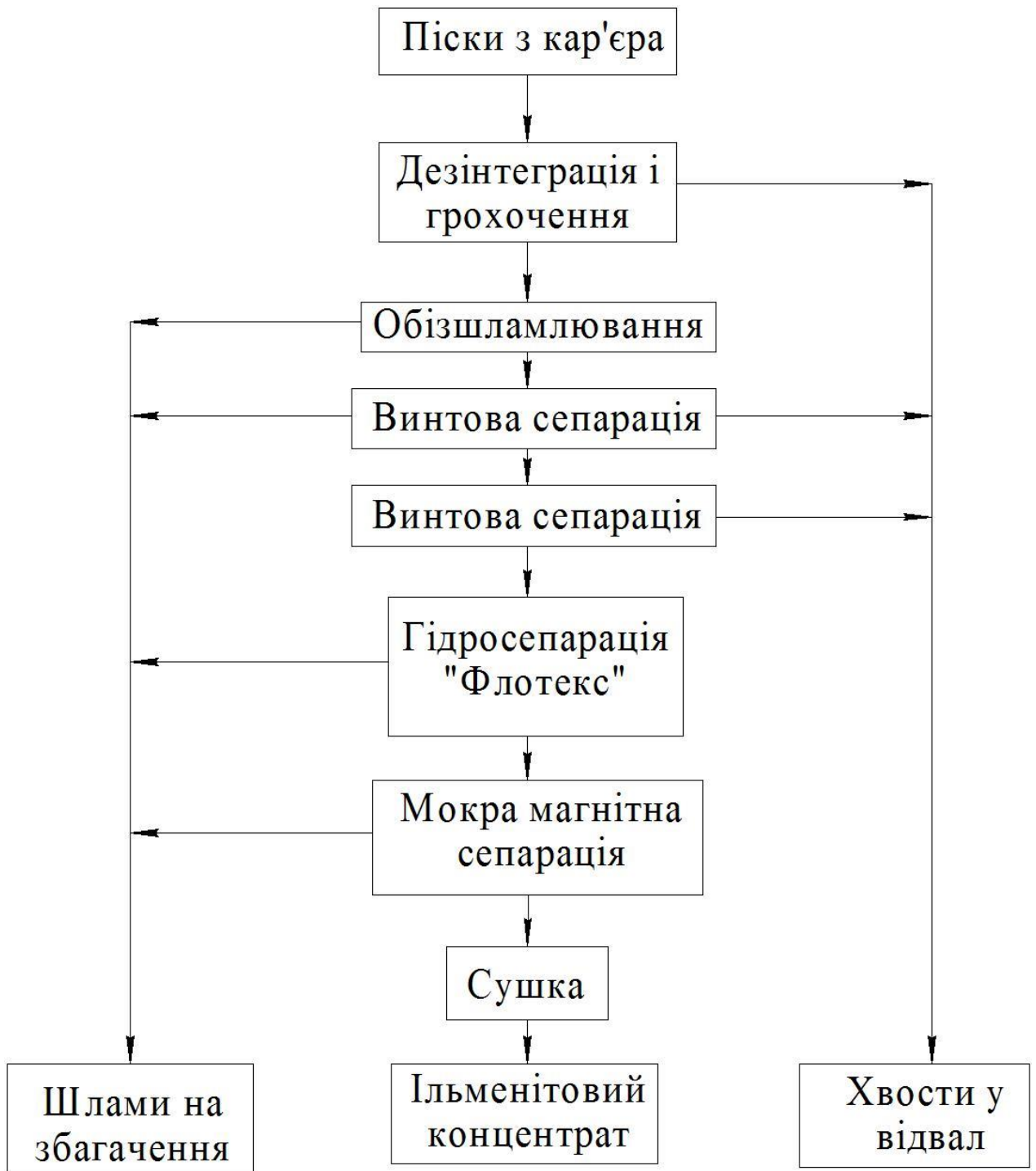


Рис. 1.2. Принципова схема збагачення ільменітових пісків Іршанського ГЗК

Таблиця 1.2 – Фактичне вилучення з рудних пісків корисних компонентів на Іршанському ГЗК

Показник	Одиниці виміру	2015 рік	2016 рік	2017 рік
Вилучення ільменіту	%	78,35	78,13	77,77

1.2 Аналітичний огляд літературних джерел з питань досліджень

Проблеми наукового обумовлення технологій відкритої розробки родовищ корисних копалин широко відображені в наукових роботах академіків СРСР В.В. Ржевського, М.В. Мельникова, докт. техн. наук, проф. М.Г. Новожилова, Е.Ф. Шешко, Б.Н. Тартаковського, А.С. Красников, А.Ю. Дриженко, І.Л. Гуменика, М.С. Четверика, В.І. Симоненко, А.Г. Шапаря та ін.

Питання і аспекти, пов'язані з розробкою розсипних родовищ відкритим способом, а також з їх параметрами і особливостями експлуатації відображені в наукових працях таких авторів як: Г.М. Лезгінцев [4], Б.Є. Фрідман [5], Г.П. Ніконов [6], М.І. Агошков [7], С.В. Потьомкін [8], Б.Ю. Собко [9] та ін. Аналіз даних робіт показав, що при розробці розсипів, гідравлічний спосіб знайшов широке застосування в гірничій справі в період 50 - 60 років ХІХ століття.

Системою розробки гідравлічним способом розсипного родовища вважають такий порядок, встановлений для ведення підготовчих і видобувних робіт, який забезпечує мінімальні експлуатаційні витрати і втрати корисних копалин [4, 5]. Розсипні родовища при гідравлічному способі розробляються трьома варіантами: розмивом порід напірним струменем води, що вилітає з насадки гідромонітора; попереднім розпушуванням порід розпушувачами, бульдозерами, екскаваторами з подальшим розмивом їх також струменем води, так звана комбінована розробка; плавучими землесосними снарядами. Г.М. Лезгінцев вважає, що системи гідравлічної розробки розсипів бувають: зустрічним, попутним, бічним і попутно-зустрічним вибоями. Розглянемо більш детально переваги і недоліки кожної з систем, а також проаналізуємо деякі параметри при їх експлуатації.

Система розробки зустрічним вибоєм. До переваг цієї системи можна віднести: розмив породи ведеться з попереднім її обваленням підрізкою вибоя, з ретельною дезінтеграцією і обмивкою каменів; можливість використання допоміжної води (безнапірної) спочатку для розмиву, а потім – для транспортування породи; полегшуються каменеприбиральні роботи; не потребується попередньої проходки нарізних каналів; напір води збільшується на

величину потужності наносів. Основні недоліки цієї системи полягають в тому, що внаслідок протилежного напрямку руху пульпи по відношенню до напрямку руху напірного струменя створюються несприятливі умови для транспортування породи від забою, що вимагають, при невеликому ухилі, застосування спеціального гідромонітора для транспортування породи. Також робочий трубопровід часто засмічується пульпою. Найбільшого поширення система розробки зустрічним забоем отримала на гідророзкривних роботах, на вугільних родовищах, де наноси представлені дрібнозернистими породами, які не містять великих валунів.

На кар'єрі Калінінградського бурштинового комбінату система зустрічного вибою застосовується при розробці порід розкриву першого уступу (висота 20 м) і першого підуступу другого уступу. При цьому попутно з екскаваторним відпрацюванням другого підуступу забирається недомив від першого підуступу. На цьому кар'єрі розмив проводиться гідромоніторами при напорі 80-100 м, гідротранспорт порід на відстані 1000-1200 м – землесосами ЗГМ-2М, з розміщенням їх у морі, без будь-яких витрат на відвалоутворювання. Питома витрата напірної води в середньому $8\text{ м}^3/\text{ м}^3$.

Система розробки із зустрічним вибоем характеризується розмивом порід в напрямку, протилежному руху пульпи до шлюзів (до зумпфа землесоса або гідроелеватора); при цьому енергія струменя не сприяє переміщенню порід від забою до шлюзу або зумпфа. Розмита порода доставляється безнапірним водним потоком і тому, навіть при середніх ухилах, велика фракція осідає на підосві забою. Для переміщення осілої породи гідромонітор періодично переключають з процесу руйнування на транспорт розмитих порід, що збільшує питому витрату напірної води.

Розглянемо систему розробки попутним вибоем з установкою гідромоніторів на поверхні розсипи. Дана система має такі переваги: збіг напрямку руху розмитою породи з напрямком напірного струменя, що дозволяє використовувати енергію води одночасно для розмиву і транспортування порід; водопровідні труби і гідромонітор розташовуються на сухому місці і не замулюються; зменшується

обсяг каменеприбиральних робіт, так як більша частина каменів віддаляється від вибою в шлюз або до зумпфа землесоса; пульпа транспортується від вибою зосередженим потоком по канавках, вироблених гідромонітором. Системою з попутним вибоєм доцільно розробляти розсипи з будь-яким ухилом при крупності каменів в насосах понад 150 мм. Недолік цієї системи – це значний обсяг підготовчих робіт, пов'язаних з проходкою транспортної канави, є чинником, що обмежує її застосування при потужності відкладень понад 4-5 м. Система розробки попутним вибоєм застосовується в різних варіантах: з попередньої проходкою транспортної канави, без проходки канави з розташуванням гідромоніторів на поверхні, при різних способах підйому пульпи на шлюзи: понурно-шлюзовим, гідроелеваторним, землесосним.

Система розробки боковим вибоєм відноситься до змішаних систем і характеризується тим, що породи розмиваються як попутним, так і зустрічним вибоєм, відповідними досягненнями і недоліками. При цій системі розробки розсипи забій ділять на дві частини. Спочатку відпрацьовують більш вузьку частину, а потім з утвореної траншеї попутним вибоєм розробляють іншу частину полігону. Можуть бути й інші варіанти розробки розсипи боковим вибоєм.

Система розробки попутно-зустрічним вибоєм (віялова система). Суть її полягає ось у чому: спочатку гідромоніторами проходиться котлован, а потім траншея довжиною 30-60 м і шириною 6-8 м. У траншеї встановлюються два гідромонітора для розмиву, вибій переміщається по віялу і повертається 180°-360°. Відпрацювання забою можна вести двома способами: 1) струмінь підробляє нижню частину вибою по всій його довжині, утворюючи вруб вниз. Після обвалення переходять на розмив і транспортування до шлюзу. Гідромонітор ближній до шлюзу головним чином транспортує породу. Основну роботу по розмиву і обваленню виробляє другий – головний гідромонітор, розташований біля борту розрізу. Головний монітор переставляється після відпрацювання сектора, а перший - через два сектора. При другому способі відпрацювання вибою гідромонітор ближній до шлюзу створює поперечний вруб (по всій висоті вибою на глибину ухідки в даній частині сектора). Такий вруб робиться для створення

додаткових площин оголення. Головна частина сектора відпрацьовується окремими заходками від поперечного вруба, що створює чотири площині оголення при підрізуванні. Уздовж вибою встановлюються щити товщиною 2,5-3,0 см, висотою до 0,8 м. При віяловій системі розробки витрата води невелика, оскільки велика частина порід розмивається попутним вибоєм. Крім того, під час відпрацювання всієї заходки відстань переміщення пісків і відстань між гідромоніторами і приямком не збільшується, що дозволяє скоротити витрату води на транспортування пісків. Питома витрата води на транспортування пісків II-IV категорій становить 4-15 м³/м³.

За дослідженнями Г.А. Нурок [4, 10], при розробці порід II-III категорії (за класифікацією вугільної промисловості) питома витрата води тільки на створення вруба біля підніжжя вибою для обвалення його знаходиться в межах від 11 до 25 м³/м³, а на змив заваленої породи 3 ... 6 м³/м³, при зміні відстані гідромонітора від вибою 10 ... 20 м і напорі у насадки 90 м.

Як відомо [5, 7, 8, 9], застосування екскаваторів (драглайнів) для виймання порід і складування їх у навал для подальшого розмиву їх гідромоніторами забезпечило зниження витрат електроенергії більш ніж в 2,5 рази з відповідним підвищенням продуктивності установок. При гідромоніторно-бульдозерній розробці породи розмиваються гідромоніторами з подачею розмитих пісків (до шлюзів або землесосними установкам) бульдозерами. Як показує досвід роботи, розробка розсипних родовищ із застосуванням бульдозерів на доставці дезінтегрованих пісків в порівнянні з гідромоніторним транспортуванням є більш ефективною.

Як відомо [11, 12], безтранспортна система розробки отримала широке застосування на нерудних і розсипних родовищах корисних копалин. Аналіз діючих підприємств з видобутку і переробки ільменітовмісних пісків показав, що безтранспортна система розробки застосовується на ряді родовищ. Відмінності полягають в наступному: в залежності від родовища, його геологічних особливостей, безтранспортна система розробки застосовується або по кар'єру в цілому, або на розкривних або видобувних роботах, в будь-якому випадку в даний

час вона експлуатується в гірничорудній практиці, як на Україні, так і на рівні світових підприємств.

Так, наприклад на Межирічному родовищі, яке входить до складу Іршанської групи на розкривних роботах прийнята бестранспортна система розробки, в той же час видобувний уступ відпрацьовується екскаваторно-гідравлічним способом [13].

Досвід використання цієї схеми із застосуванням гідромеханізації на кар'єрах Іршанського ГЗК показав, що дана система найбільш доцільна в умовах великого обводнення родовища і нестабільності геологічних параметрів розсипи, коли коливання товщини розкривних порід і рудних пісків мають місце на порівняно невеликих площах. Ця система має ряд переваг перед системами, раніше застосовуваними на Іршанському комбінаті:

- забезпечує при відпрацюванні родовища досить повну виїмку корисної копалини з надр (втрати – 6,2 ... 7,0%);
- незалежно від природних умов дозволяє організувати розкривні, видобувні роботи і транспортування з найбільшою ефективністю;
- забезпечує додаткову дезінтеграцію пісків під час розмиву гідромоніторами і при русі пульпи по трубопроводу на збагачувальну фабрику;
- спрощує процес гірничотехнічної рекультивації порушених гірничими роботами земель за рахунок складування розкривних порід в відпрацьований простір кар'єра, що дозволяє скоротити обсяги робіт по рекультивації.

Однак дана система має і ряд недоліків:

- велику енергомісткість технологічної схеми за рахунок застосування гірничотранспортних машин з електродвигунами великої потужності, особливо при великих відстанях транспортування рудних пісків на збагачувальну фабрику;
- складну і громіздку схему оборотного водопостачання і хвостового господарства, що вимагає великі площі під хвостосховища та обсяги води для їх освітлення. Однак при застосуванні цієї системи розробки переважають позитивні чинники, в зв'язку з чим вона широко застосовується на кар'єрах Іршанського ГЗК.

Питання пов'язані з організацією і плануванням гірничих робіт з урахуванням просторово-часової ув'язки широко розглянуті в працях таких вчених як: Н.Я. Лобанов, Ф.Г. Грачов, С.С. Ліхтерман та ін. Однак, слід зазначити, що в роботах Н.Я. Лобанова, процеси організації і планування виконуються за допомогою планogramм і мережевих графіків. У цьому зв'язку враховуючи інтенсифікацію прогресу в області інформаційних систем і технологій на підприємствах гірничорудної галузі процеси планування і організації, в тому числі побудова мережевих графіків і календарних планів здійснюється за допомогою таких програмних продуктів як: КОМПАС – 3D, K-MINE, Micromine, AutoCad, Surface, Microsoft та ін. Дослідивши даних авторів [14], можна зробити висновок, що аспекти проектування, як і організації гірничих робіт в даний час виконуються за допомогою систем автоматизованого проектування, тому методи планування гірничого підприємства, які описані авторами [14], не є актуальними на сьогоднішній день.

1.3 Постановка мети, завдання і методів дослідження

Мета роботи – визначення та обґрунтування раціональних параметрів розробки розсипних родовищ для поліпшення техніко-економічних показників їх роботи.

Для досягнення поставленої мети в роботі потрібно вирішити такі завдання:

1. Проаналізувати сучасний стан гірничих робіт на розсипних родовищах України;
2. Дослідити параметри системи розробки з урахуванням діючого обладнання на кар'єрах по видобутку ільменітовмісних пісків;
3. Провести статистичну обробку результатів досліджень та на їх основі скласти математичну модель взаємозв'язків параметрів системи розробки;
4. Виконати організацію розробки розсипних родовищ з урахуванням інтеграції всіх результатів дослідження;

Для вирішення поставлених завдань в роботі використовуються наступні методи наукових досліджень: метод системного аналізу – при дослідженні сучасного стану гірничих робіт на розсипних родовищах Іршанської групи і для вивчення відомих науково-технічних розробок за темою дипломної роботи; аналітичний - для дослідження параметрів системи розробки розсипних родовищ; математичного аналізу – статистичної обробки результатів і отримання математичної моделі у вигляді полінома;

Висновки по розділу

1. Викладено загальні відомості про сучасний стан гірничих робіт на провідних розсипних родовищах України, на базі виконаного аналізу їх геологічних особливостей, систем розробки і схем збагачення корисних копалин. Виконано порівняння змісту ільменіту на родовищах України в порівнянні з закордонними конкурентоспроможними підприємствами. Зображені принципові схеми збагачення титан-цирконієвих пісків (Вільногірський ГМК) і ільменітових пісків (Іршанський ГЗК).

2. Зроблено аналіз літературних джерел, пов'язаних з родовищами і розсипами з видобутку будівельних матеріалів та ільменітовмісних пісків.

3. Здійсненна постановка мети, завдання, методів дослідження. Також представлені об'єкт та предмет дослідження.

РОЗДІЛ 2. МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ КРИТЕРІЇВ СИСТЕМИ З УРАХУВАННЯМ ДІЮЧОГО ОБЛАДНАННЯ НА РОЗСИПНИХ РОДОВИЩАХ

2.1 Дослідження параметрів систем розробки в умовах експлуатації розсипних родовищ

Як відомо [4, 5], в умовах експлуатації розсипних родовищ, останні в свою чергу використовують гідромонітори у вибоях для розмиву гірничої породи, існують чотири системи розробки, а саме: зустрічним, попутним, бічним і віяловим вибоєм. В результаті аналізу було визначено, яка з перерахованих вище систем є найбільш економічною. В якості критерію оцінки виступає питома витрата води при розмиванні вибою. На рис. 2.1 представлена система розробки зустрічним вибоєм.

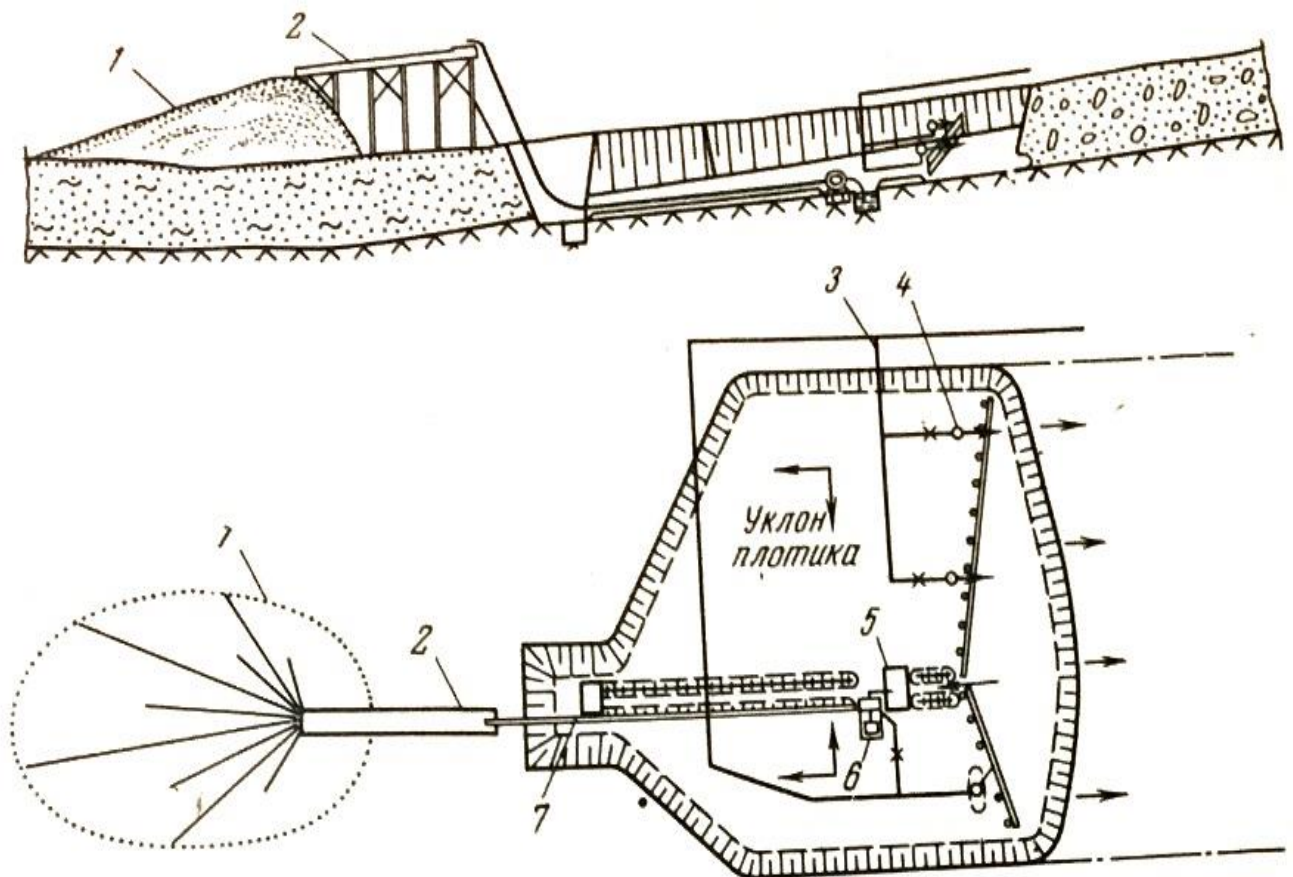


Рис. 2.1. Система розробки родовища зустрічним вибоєм: 1 - відвал; 2 - шлюз; 3 - водовід; 4 - гідромонітор; 5 - зумпф; 6 - землесос; 7 - пульповоди

На рис. 2.2 зображений графік залежності питомої витрати води від категорії порід при розмиванні родовища зустрічним вибоєм.

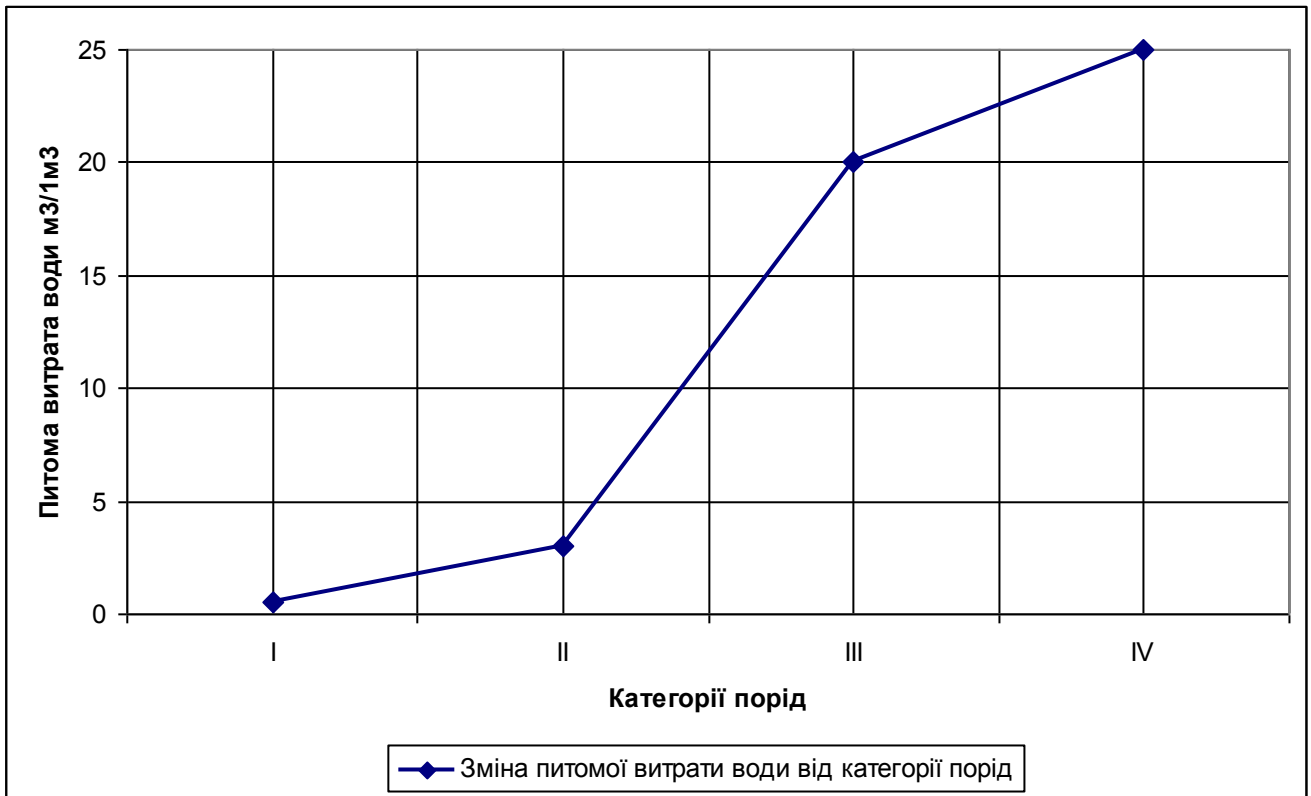


Рис. 2.2. Графік залежності питомої витрати води від категорії порід при розмиванні родовища зустрічним вибоєм

Разглянемо систему розробки попутним вибоєм (рис. 2.3).

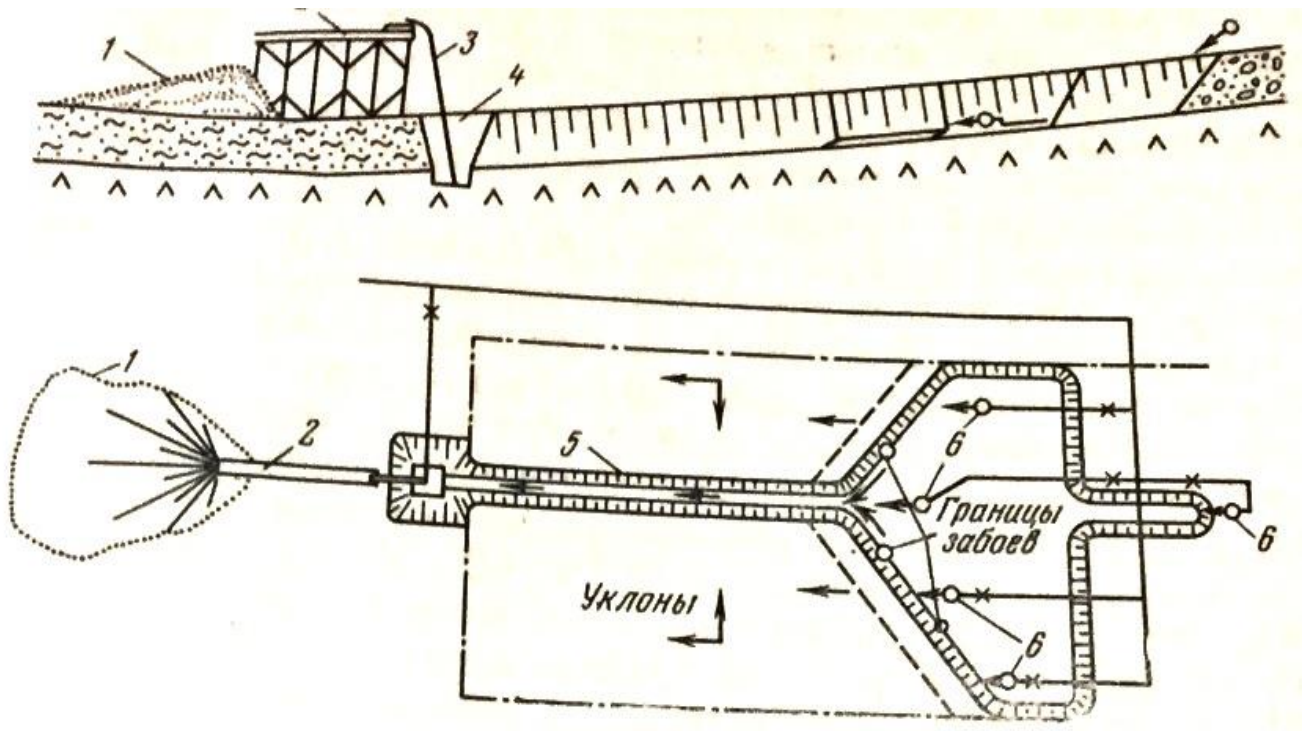


Рис. 2.3. Система розробки родовища попутним вибоєм: 1 - відвал; 2 - шлюз; 3 - гідроелеватор; 4 - зумпф; 5 - транспортна канава; 6 - гідромонітор

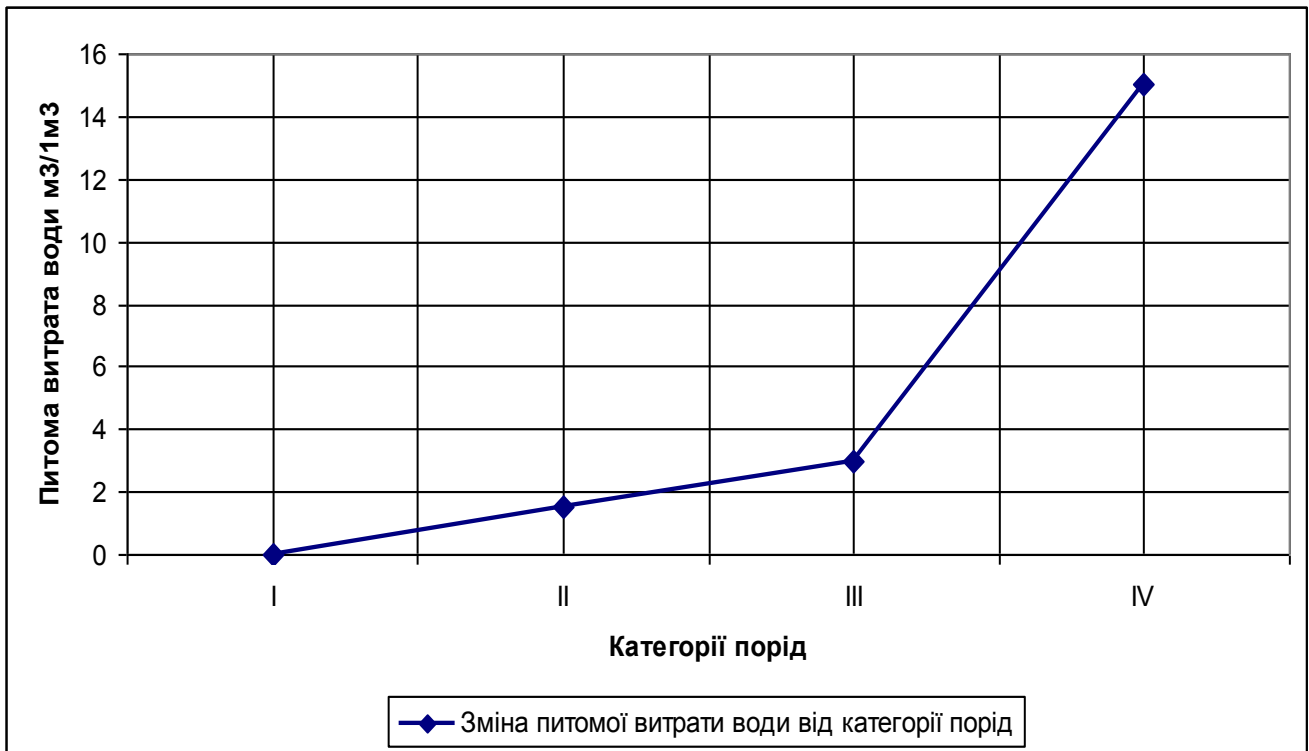


Рис. 2.4. Графік залежності питомої витрати води від категорії порід при розмиванні родовища попутним вибоєм

Система розробки боковим вибоєм є змішанною системою, це обумовлено тим, що породи розмиваються як попутними, так і зустрічними вибоями. У зв'язку з цим питома витрата води відповідає одному з вище зазначених графіків. Слід відзначити той факт, що при розробці розсипних родовищ спостерігається безперервна і швидка рухливість фронту робіт, що пояснюється порівняно невеликою потужністю нашарування. Тому для ефективності розробки потрібно дотримуватися певного порядку, що періодично повторюється при підготовці і відпрацюванні кожної нової заходки. Цей порядок характеризується наступними основними моментами: домінуючим взаємним напрямком вилітаючого з гідромонітора струменя і рухом пульпи в розрізі; розташуванням гідромоніторів щодо поверхні розсипи; виробництвом попередніх розкривних робіт або одношаровою розробкою.

На рис. 2.5 зображена система розробки попутно-зустрічним вибоєм, так званна віялова система, а графік залежності питомої витрати води від категорії порід представлений на рис. 2.6, відповідно.

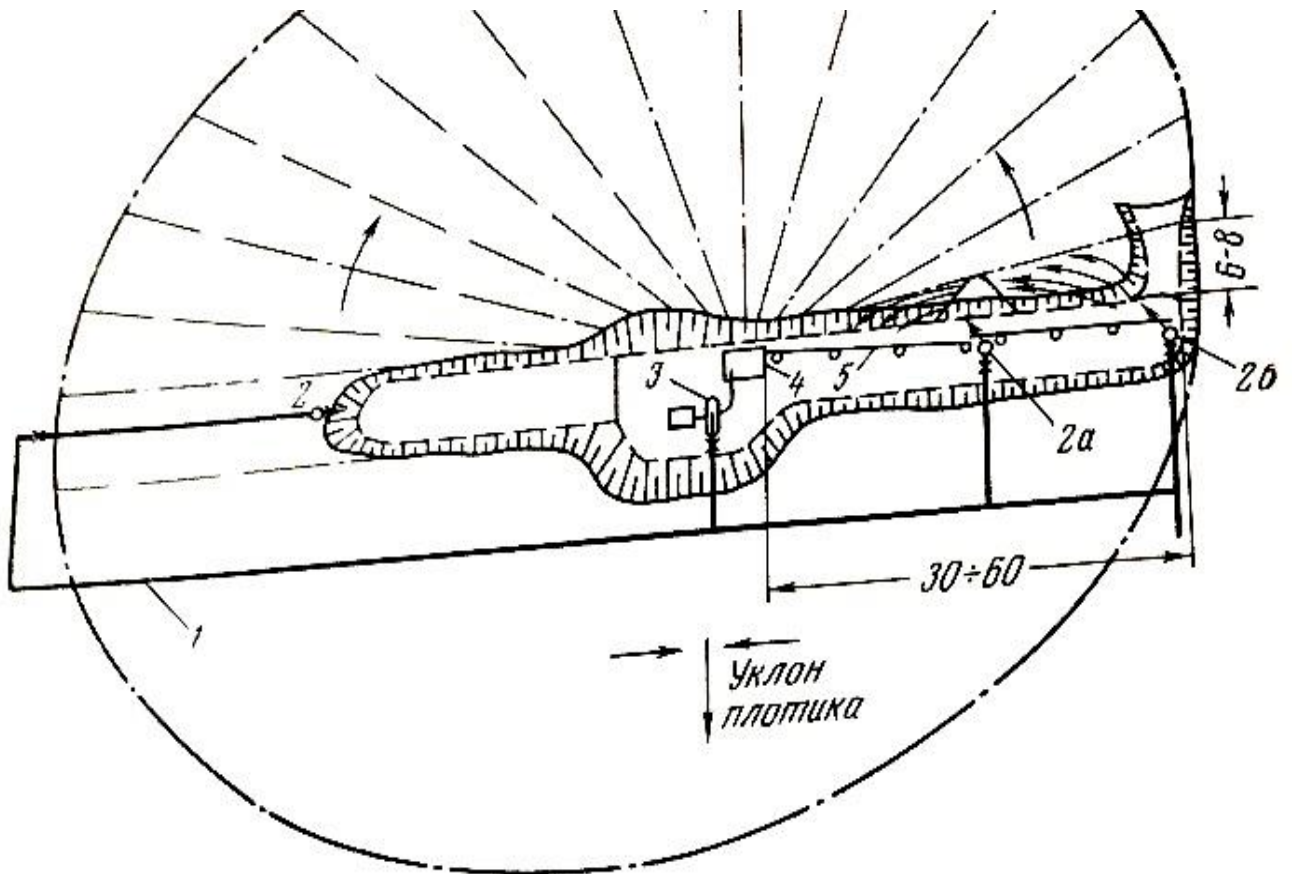


Рис. 2.5. Система розробки родовища попутно-зустрічним вибоєм: 1 – водовід; 2 – гідромонітори; 3 – землесос; 4 – зумпф; 5 – щити

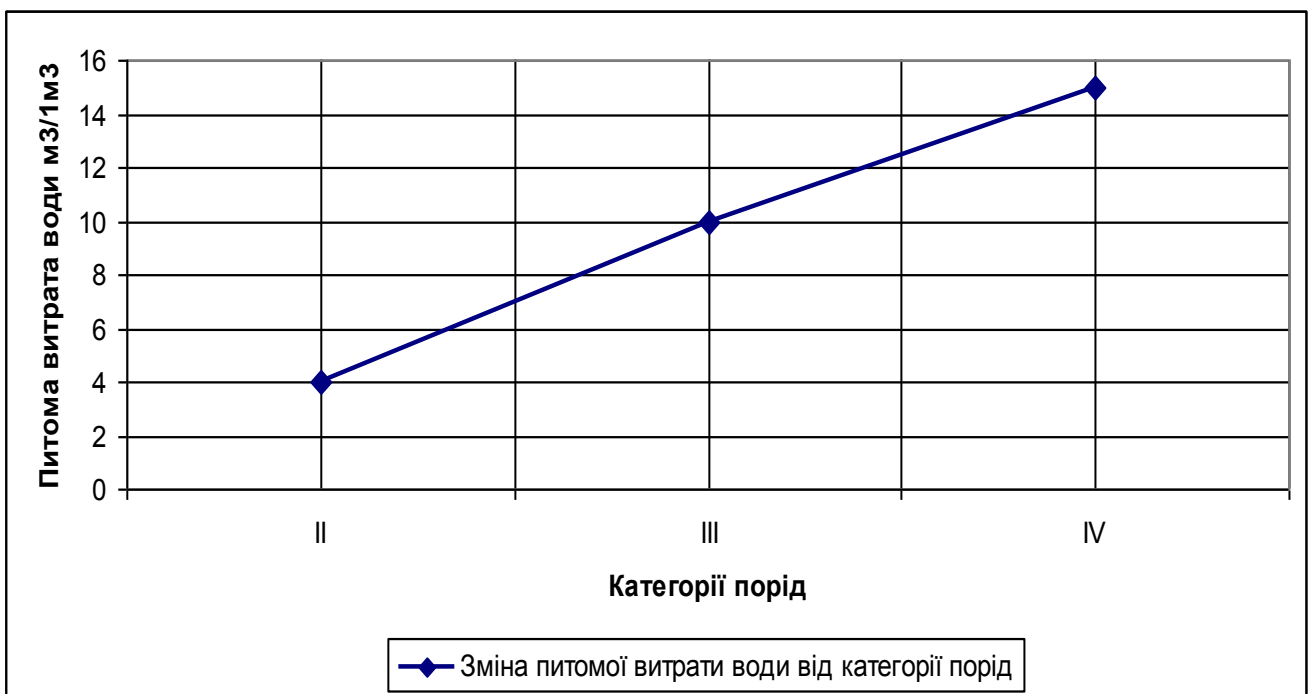


Рис. 2.6 Графік залежності питомої витрати води від категорії порід при розмиванні родовища попутно-зустрічним вибоєм

2.2 Обґрунтування критеріїв ефективності розробки Межирічного родовища

До основних критеріїв ефективності розробки родовища можна віднести його виймально-навантажувальний комплекс, від якого залежить швидкість посування фронту гірничих робіт, ширина заходки, швидкість переміщення зумпфа і гідромонітора слідом за розкритими уступом.

Продуктивність виймально-навантажувального обладнання:

$$Q_e^{зм} = \frac{3600 \cdot E \cdot T \cdot k_n \cdot k_e}{T_c \cdot K_p}, \text{ м}^3 / \text{зм};$$

де: E – ємність ковша екскаватора, м^3 ;

T – тривалість зміни, год;

k_b – коефіцієнт використання ($k_b=0,5-0,8$);

k_n – коефіцієнт наповнення ківша ($k_n=0,8-0,9$);

k_p – коефіцієнт розрихлення ($k_p=1,3$);

T_c – тривалість циклу

На розсипних родовищах в якості виймально-навантажувального обладнання не рідко використовують екскаватори – драглайни. Ємність ковша (E), може варіюватися в залежності від типу порід, які виймають з гірничого масиву і в середньому дорівнює від 5 до 15 м^3 . Наприклад, на родовищах Іршанської групи в експлуатації перебувають драглайни таких видів як: ЕК-5/45, ЕК-6,5/45, ЕК-10/70, ЕК-11/70, ЕК-15/90.

Тривалість зміни залежить від планового графіку роботи підприємства. Тривалість зміни може бути 6, 8, 12 годин в залежності від кількості змін за добу.

Коефіцієнт наповнення ковша k_n це відношення об'єму розрихленого ґрунту, набраного в ківш, до його ємності. Він залежить від конструкції ковша, умов роботи екскаватора, фізичного стану порід (наповнення сипучими породами – більше, скельними – менше).

Коефіцієнт розрихлення (k_p) залежить від фізичних властивостей породи (міцності): 1-1,2 для м'яких порід, 1,2-2 для скельних.

Коефіцієнт використання робочого часу представляє собою відношення часу роботи екскаватора на навантаженні (часу екскавації) до загального часу роботи протягом робочого часу, коливається від 0,3 до 0,8. Величина цього коефіцієнта залежить головним чином від організації робіт, а також від виду транспорту та чіткості їхнього пересування.

Тривалість циклу ($T_{\text{ц}}$) складається з часу наповнення ковша, його підйому, повороту екскаватора, вивантаження (спустошення ковша) та зворотнього повороту в робоче положення (причому 50-60% часу займають повороти).

Для одноковшових екскаваторів підвищення продуктивності досягається при зменшенні тривалості робочого циклу (за рахунок суміщення операцій, створення оптимальних умов роботи екскаватора і т.д.), скорочення часу простоїв, збільшення коефіцієнту наповнення ковша, правильному підборі транспортних засобів та чіткій організації роботи транспорту, покращення якості вибухового дроблення.

Наступними критеріями ефективності роботи виймально-навантажувального комплексу є ширина заходки екскаватору та швидкість посування розкривного і видобувного вибоїв. Традиційні схеми ведення гірничих робіт драглайнами припускають виймання порід по схемі “екскаватор-відвал” і “екскаватор-навал”, де із навала порода перевантажується у транспортні засоби механічною лопатою, або транспортується за допомогою гідротранспорту (в залежності від прийнятої схеми розробки того чи іншого родовища).

Таким чином драглайн, який працює по безтранспортній схемі зумовлює його роботу у вузькому вибої, ширина якого визначається не паспортними характеристиками екскаватора, а гірничо-геологічними умовами родовища [15]. Крокуючі екскаватори можуть відпрацьовувати кар’єрне поле широкою західкою до 100 м і більше. Виймально-навантажувальне обладнання яке працює у вибоях Іршанської групи кар’єрів працює саме по безтранспортній схемі і тому, в них немає тісного зв’язку з транспортною ланкою, як це є на родовищі ВГМК. За рахунок цього на кар’єрах Іршанського ГЗК ефективність розробки драглайнами вище, що обумовлюється виключенням часу очікування транспортних засобів.

Аналітичні дослідження встановили, що з достатнім ступенем точності ширину заходки – A_z , шаг пересування модуля – L_n , висоту розроблюємого уступа – H_y можна виразити через довжину стріли драглайна:

$$A_z = (0,85 \div 1,2)A_{cm}, \text{ м};$$

$$L_n = (0,2 \div 0,4)A_{cm}, \text{ м};$$

$$H_y = (1,15 \div 1,25)A_{cm}, \text{ м}$$

При розробці родовищ відкритим способом – показник інтенсивності розробки уступів, який характеризується напрямком і швидкістю посування вибою, яка обумовлює, в свою чергу, швидкість посування фронту гірничих робіт. Напрямок посування вибою визначається прийнятим порядком виймання порід на уступі, а швидкість залежить від ширини заходки і виду експлуатованого виймальних-навантажувального і транспортного устаткування.

Швидкість посування фронту гірничих робіт на розкривному та видобувному уступах розраховується по наступній формулі:

$$V_\phi = Q_\phi / A_z \cdot (H_{y. \text{ розк.}} + H_{y. \text{ вид.}}), \text{ м/добу}$$

де: Q_ϕ – змінна продуктивність екскаватора, м³/зм;

A_z – ширина заходки екскаватора, м;

$H_{y. \text{ розк.}}$ – висота розкривного уступа, м;

$H_{y. \text{ розк.}}$ – висота видобувного уступа, м

2.3 Методика апроксимації та кореляційно-регресійного аналізу функціональної залежності

Задача апроксимації полягає у знаходженні функціональної залежності заданого виду, що найліпше відповідає даним спостережень з точки зору критерію найменших квадратів [16]. Графічне зображення апроксимації функціональної залежності у загальному виді наведено на рис. 2.7. Метод найменших квадратів — це метод знаходження наближеного розв'язку надлишково-визначеної системи. Часто застосовується в регресійному аналізі. На

практиці найчастіше використовується лінійний метод найменших квадратів, що використовується у випадку системи лінійних рівнянь.

$$F = \sum (y_i^f - y_i)^2 = \sum (f(x_i) - y_i)^2 \rightarrow \min$$

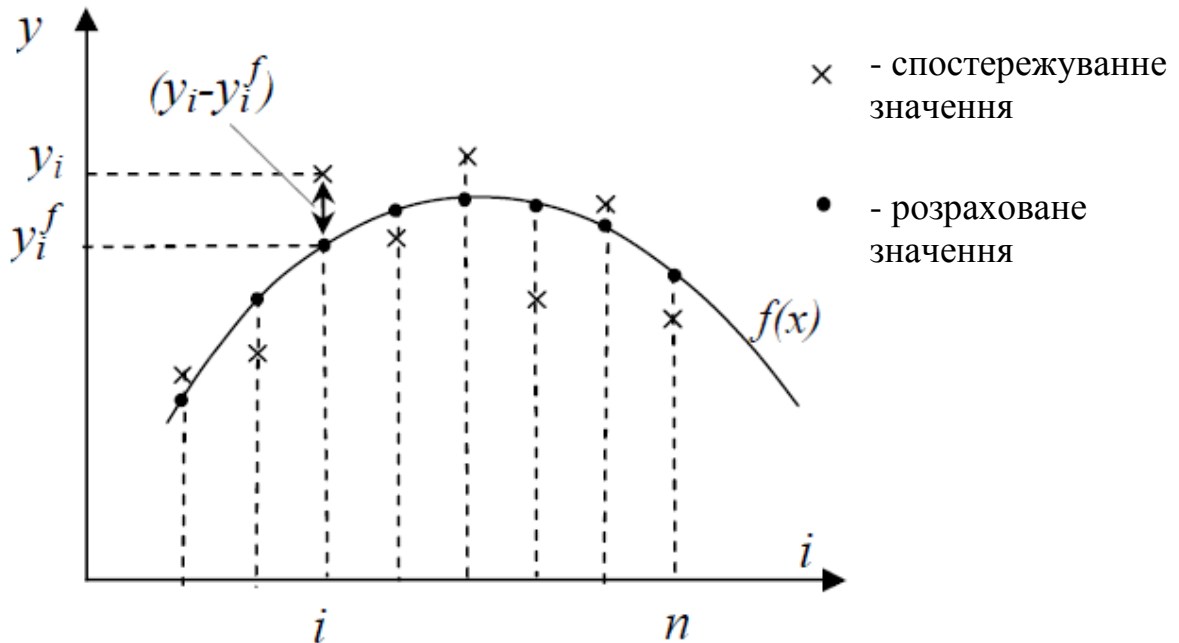


Рис. 2.7 Загальний вид апроксимації функціональної залежності

Для апроксимації функціональної залежності є певна послідовність дій, яка наведена у табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Послідовність дій для авпроксимації функціональної залежності

Апроксимація функціональної залежності	Формування масиву спостережувальних значень
	Формування гіпотези про вид функціональної залежності
	Оцінка значень параметрів функціональної залежності
	Кореляційно-регресійний аналіз функціональної залежності

Застосування методу найменших квадратів вимагає, щоб функціональна залежність, яка знаходиться, мала лінійний відносно параметрів b вид:

$$f(x, b) = b_0 + b_1 \cdot f_1(x) + b_2 \cdot f_2(x) + \dots + b_k \cdot f_k(x)$$

Нижче приведені приклади лінійної та не лінійної залежності:

$$f(x, b) = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 \cos x_3 + b_4 \sin x_3 - \text{лінійна};$$

$$f(x, b) = b_0 + b_1 x_1 + b_3 \cos(b_4 \cdot x_2) + x_3^{b_5} - \text{не лінійна}$$

При оцінці значень параметрів функціональної залежності:

$$F(b) = \sum_{i=0}^n (f(x_i, b) - y_i)^2 = \sum_{i=0}^n (b_0 + b_1 f_1(x_i) + \dots + b_k f_k(x_i) - y_i)^2 \rightarrow \min$$

Необхідною умовою екстремуму функції багатьох змінних є рівність нулю частинних похідних.

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dF}{db_0} = 0 \\ \frac{dF}{db_1} = 0 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \frac{dF}{db_k} = 0 \end{array} \right. \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=0}^n 2(b_0 + b_1 f_1(x_i) + \dots + b_k f_k(x_i) - y_i) = 0 \\ \sum_{i=0}^n 2(b_0 + b_1 f_1(x_i) + \dots + b_k f_k(x_i) - y_i) f_1(x_i) = 0 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \sum_{i=0}^n 2(b_0 + b_1 f_1(x_i) + \dots + b_k f_k(x_i) - y_i) f_k(x_i) = 0 \end{array} \right.$$

Зробивши елементарні перетворення, отримаємо систему лінійних рівнянь для відшукування b . Ця система називається системою нормальних рівнянь, з якої невідомі b знаходяться, наприклад, методом Гауса.

$$\left\{ \begin{array}{l} b_0 n + b_1 \sum_{i=0}^n f_1(x_i) \dots + b_k \sum_{i=0}^n f_k(x_i) = \sum_{i=0}^n y_i \\ b_0 \sum_{i=0}^n f_1(x_i) + b_1 \sum_{i=0}^n f_1(x_i)^2 \dots + b_k \sum_{i=0}^n f_k(x_i) f_1(x_i) = \sum_{i=0}^n y_i f_1(x_i) \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ b_0 \sum_{i=0}^n f_k(x_i) + b_1 \sum_{i=0}^n f_1(x_i) f_k(x_i) \dots + b_k \sum_{i=0}^n f_k(x_i)^2 = \sum_{i=0}^n y_i f_k(x_i) \end{array} \right.$$

Оцінку практичної значущості отриманої функціональної залежності проводять за допомогою індексу кореляції, який характеризує щільність зв'язку.

$$R = \sqrt{\frac{\sigma_{\text{факт}}^2}{\sigma_{\text{заг}}^2}}$$

$$\sigma_{\text{факт}}^2 = \frac{\sum (f(x_i, b) - \bar{y})^2}{n-1} \quad - \text{ факторна дисперсія};$$

$$\sigma_{\text{заг}}^2 = \frac{\sum (y_i - \bar{y})^2}{n-1} \quad - \text{ загальна дисперсія}$$

Індекс детермінації R^2 характеризує, яка частина загальної варіації результативної ознаки у пояснюється фактором x .

Кореляційно-регресійний аналіз функціональної залежності має критерій якості оцінки щільності зв'язку за шкалою Чеддока, яка наведена у табл. 2.2.

Таблиц 2.2 – Якісна оцінка щільності зв'язку функціональної залежності

Інтервал, кому належить значення індексу кореляції	Якісна оцінка щільності зв'язку
0,1 – 0,3	слабкий зв'язок
0,3 – 0,5	помірний зв'язок
0,5 – 0,7	помітний зв'язок
0,7 – 0,9	сильний зв'язок
0,9 – 0,99	дуже сильний зв'язок

Апроксимація масиву даних та регресійний аналіз на його основі потребує додаткових розрахункових формул, які є описаними статистикою вищої математики. Тому при дослідженні і побудові математичної моделі у вигляді полінома необхідно враховувати ряд факторів, останні в свою чергу є розрахунковими величинами, до яких відносяться: середні значення аргументів, середні квадратичні відхилення, коефіцієнт кореляції, залишкова дисперсія, помилки коефіцієнтів регресії, критерій адекватності Фішера і т.д.

Середні значення аргументів розраховуються по наступній формулі:

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}; \quad \bar{y} = \frac{\sum y_i}{n}$$

Середні квадратичні відхилення:

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum x_i^2}{n} - \bar{x}^2}; \quad S_y = \sqrt{\frac{\sum y_i^2}{n} - \bar{y}^2}$$

Коефіцієнт кореляції:

$$r = \frac{\sum x_i \cdot y_i - \bar{x} \cdot \bar{y}}{S_x \cdot S_y}$$

Залишкова дисперсія:

$$S_{зал} = S_y \cdot \sqrt{(1 - r^2) - \frac{n}{n-2}}$$

Помилки коефіцієнтів регресії:

$$S_a = S_{зал} \cdot \sqrt{\frac{1}{n} \cdot (1 + \frac{\bar{x}^2}{S_x^2})}; \quad S_b = \frac{S_{зал}}{S_x \cdot \sqrt{n}}$$

2.4 Дослідження факторів, що впливають на продуктивність розсипних родовищ при гідромеханізації гірничих робіт

Гідромеханізація – гідравлічний спосіб розробки розсипних родовищ – є комплексним видом механізації гірничих робіт. Він отримав широке розповсюдження не тільки в Україні але і за кордоном, при видобуванні вугілля, торфу, інертних будівельних матеріалів, при розробці розсипних родовищ золота, вольфраму, олова та інших.

На зв'язок питомої витрати води яка необхідна для руйнування порід з напором води вказували С.М. Шорохов, В.Ф. Хників [4, 17] і А.В. Кочергіна [18], але їх висловлювання про ступінь цього впливу були суперечливі та схематичними. Грунтуючись на наявних матеріалах досліджень, Г. М. Лезгінцев пропонує залежність питомої витрати води на руйнування порід від величини напору.

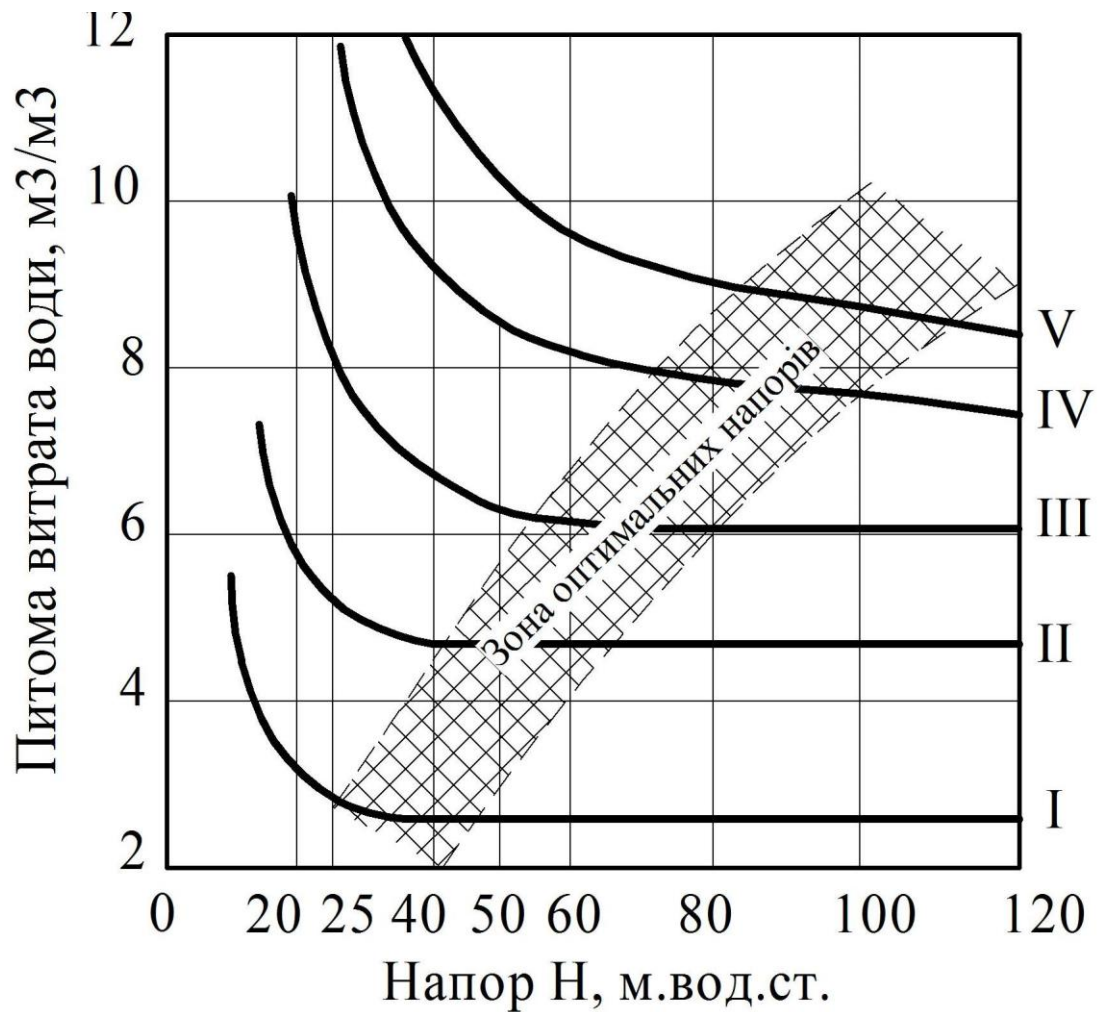


Рис. 2.8 Графік питомої витрати води на руйнування порід в залежності від величини напору і класу порід (для порід III – IV класів оптимальні напори зменшуються на 30 – 40%)

Вагомий вплив на питому витрату води для руйнування порід має відстань від гідромонітору до вибою і також висота останнього. Максимальна відстань від гідромонітору до вибою, при якому зберігається ударний ефект струї, складає 0,3 – 0,4 від напору води у насадці. Мінімальна відстань визначається вимогами правил безпеки при гідромеханізації, встановлюють, що від гідромонітору до вибою повинно бути не менше 0,8 Н (висоти вибою), а для щільних порід, не менше 1,2 Н. При дистанційному управлінні гідромонітори встановлюють в зоні, яка виключає можливість їх пошкодження. Висота вибою залежить від потужності розсипного родовищата прийнятих проектом рішень але по правилах безпеки повинна бути не більш ніж 20 м. На рис. 2.9 відображено графік відстані від гідромонітору до вибою в залежності від питомої витрати води.

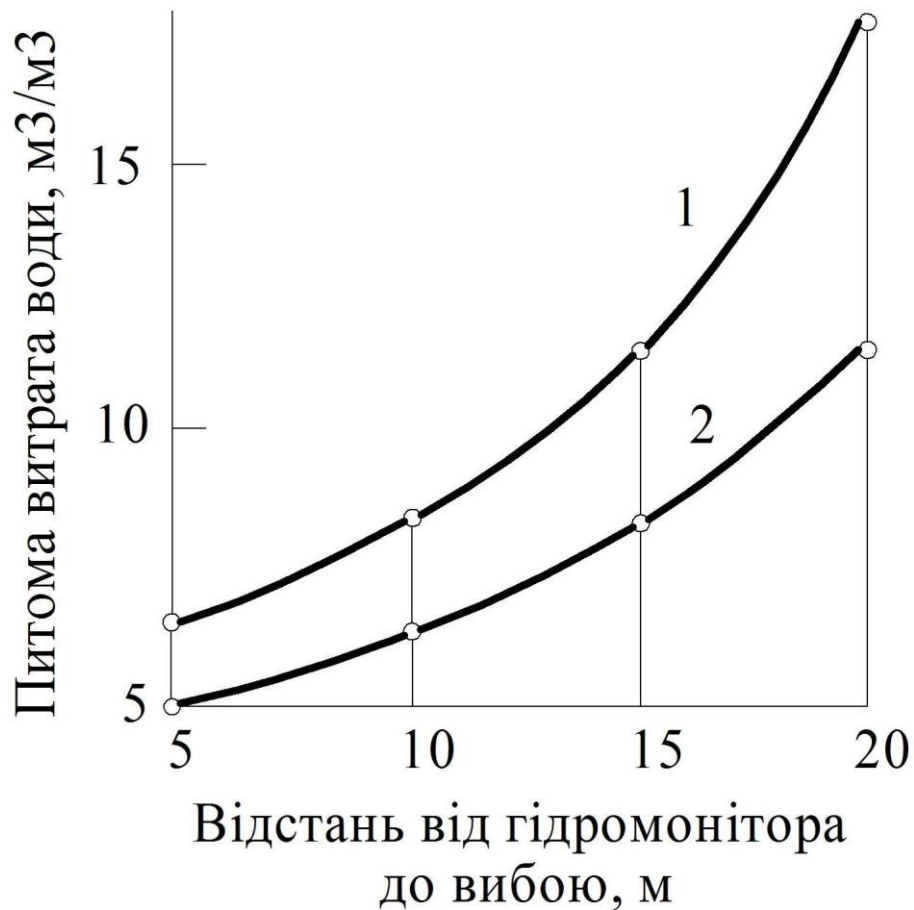


Рис. 2.9 Зміна питомої витрати води на руйнування порід в залежності від відстані гідромонітора до вибою (при висоті вибою 6 м, категорії порід III, діаметрі насадки $d_0 = 51$ мм)

Якщо розглянути детально технологію та організацію гірничих робіт на кар'єрах Іршанського ГЗК то побачимо наступне, що подача пульпи на збагачувальну фабрику здійснюється таким чином: на гідромонітори марки ГМД – 250 подається вода під тиском близько 7/9 атм. (в залежності від гірничої породи, яку подає екскаватор на забійну станцію). Продуктивність одного гідромонітора марки ГМД – 250 складає 600 м³/год. У вибоях встановлюють по два гідромонітори на шарнірно-поворотних водоводах, що забезпечує можливість організації робіт як зустрічним, так і попутньо-боковим вибоєм. Під тиском, водою гідромонітори розмивають гірничу масу яка стікає у спеціальний зумпф, з якого потім утворена пульпа викачується землесосною установкою на збагачувальну фабрику. Продуктивність землесосної станції складає 1600 м³/год. Для забезпечення ритмічної роботи використовують, наприклад на Межирічному

родовищі Іршанського ГЗК, три вибійних установки: одна – робоча, друга – резервна, третя – в ремонті, також в резерві є 2 гідромонітори марки ГМД – 250. У табл. 2.3 наведені основні технічні характеристики гідромоніторів які отримали широке розповсюдження при веденні гідромеханізованих гірничих робіт на розсипних родовищах.

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики гідромоніторів

Показники	Тип гідромонітора					
	ГДУ-250	ГМН-250	ГМЦ-250	ГМП-250	ГМД-250	ГМД-300
Робочій тиск у насадці, МПа	1,0	1,5	1,6	2,0	2,5	1,5
Діаметр вхідного отвору, мм	250	250	250	250	250	300
Витрата води, м ³ /год	1600	-	До 800	До 2000	До 2750	До 2920
Кут повороту, град:						
в горизонтальній площині	100	360	360	360	360	-
вгору	32	32	35	27	30	-
вниз	28	18	30	27	30	-
Діаметр змінних насадок, мм	50; 65; 70; 90; 100	51; 63; 76; 89	51; 63; 76; 89; 100	80; 100; 110; 125	80; 100; 110; 125	100; 115; 125; 140
Габарити, мм:						
довжина	4165	2528	3460	4048	4420	9000
ширина	1500	-	1860	690	2190	2105
висота	1120	-	1400	1378	1640	2200
Управління*	Д	Р	Р	Р	Д	Д
Маса, кг	1013	182	445	318	1035	1013
* Д – дистанційне керування, Р – ручне.						

Розмивання порід струменем води гідромонітора є одним з вайжливіших елементів гідравлічної розробки родовищ. Дослідженнями і досвідом роботи встановлено, що продуктивність розробки залежить від якості гідромоніторного струменя. Основне призначення струменів у гідромеханізації – це руйнування ґрунтів, різних гірничих порід та покладів корисних копалин. Гідравлічні струмені для гідромеханізації створюються гідромоніторами. Остаточне

формування струменя у гідромоніторі здійснюється насадкою, яка знаходиться на кінці стовбура гідромонітора. Якість та структура гідромоніторного струменя визначається тиском перед гідромоніторною насадкою, діаметром вихідного перерізу насадки, профілем насадки, якістю обробки її та умовами подачі води до насадки.

Таблиця 2.4 – Розміри насадок для гідромоніторів

Діаметр насадки d_n , мм	Кут конусності, град.	Довжина циліндричної ділянки, мм	Загальна довжина насадки, мм
50	13	50	395
62,5	13	65	380
76,5	13	75	360
90	13	90	420
100	13	100	420
125	10,5	320	730
140	8,5	310	718
150	7,16	300	700
160	6	295	682

Загальний вид гідромонітора який експлуатується на родовищі при веденні гірничих робіт зображений на рис. 2.10.



Рис. 2.10 Гідромеханізація гірничих робіт

Залежність питомої витрати води від діаметру насадки гідромонітора зображена на графіку (рис. 2.11).

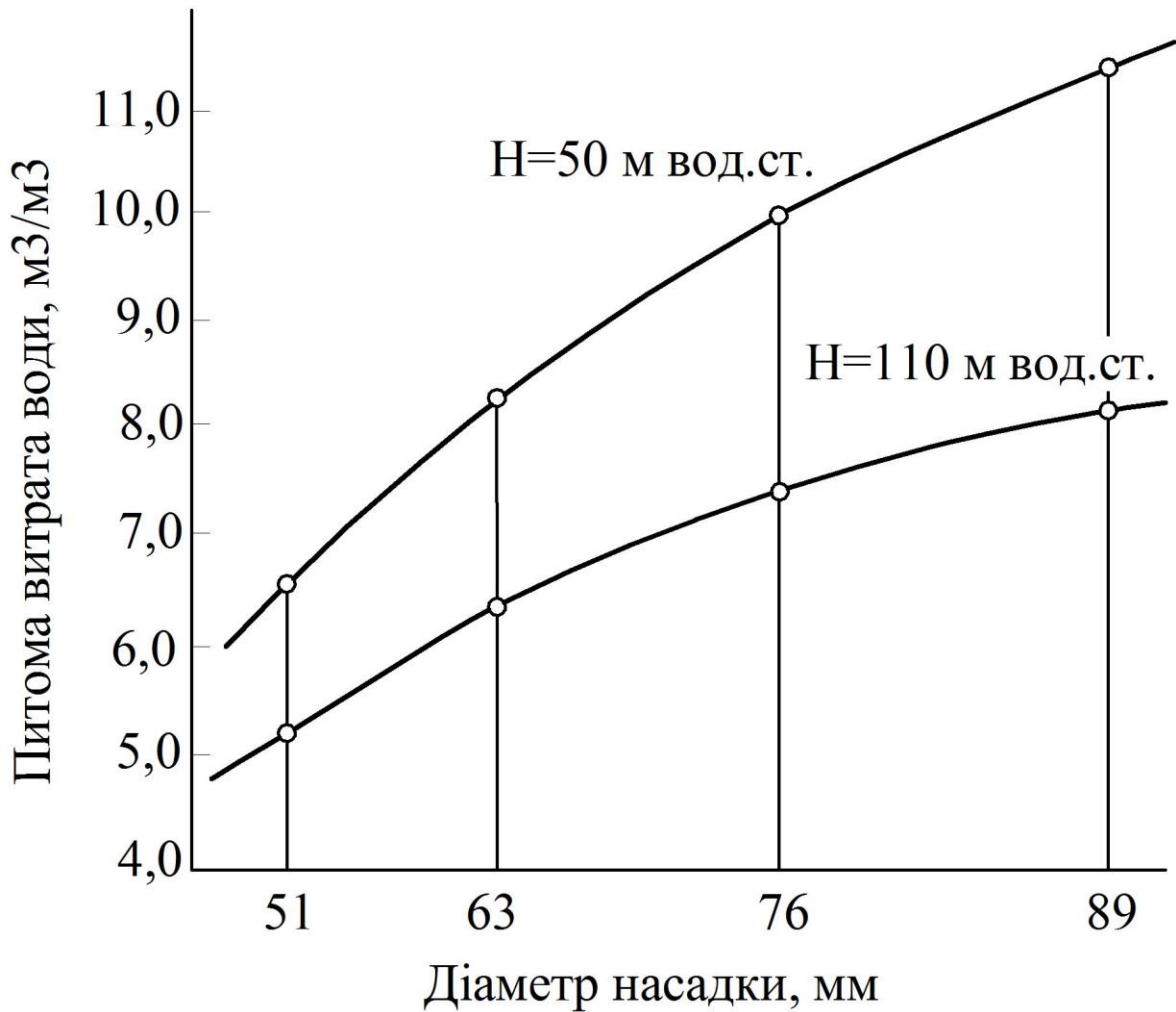


Рис. 2.11 Змінення питомої витрати води в залежності від діаметру насадки для порід III класу, відстань гідромонітора до вибою 5 м, висота уступу 6 м [4, 10]

Висновки по розділу

1. Розглянуті системи розробки зустрічним, попутним, боковим та попутно-зустрічним вибоями, при експлуатації гідромоніторного розмиву на розсипних родовищах. Досліджені параметри дозволили побудувати залежності питомої витрати води від категорії порід при розмиванні родовища з урахуванням розглянутих систем розробки.

2. Виявлені ефективні критерії виймально-навантажувального комплексу при розробці Межирічного родовища, а саме такі як: змінна продуктивність екскаватора, швидкість посування фронту гірничих робіт, ширина заходки. Встановлено, що драглайн, який працює по безтранспортній схемі зумовлює його роботу у вузькому вибої, ширина якого визначається не паспортними характеристиками екскаватора, а гірничо-геологічними умовами родовища. Таким чином крокуючі екскаватори можуть відпрацьовувати кар'єрне поле широкою західкою до 100 м і більше. Також виявлено, що кар'єри які розроблюються по безтранспортній схемі без наявності транспортної ланки у вигляді автосамоскидів, мають ефективніші показники розробки родовища драглайнами за рахунок виключенням часу очікування транспортних засобів.

3. Розглянута методика апроксимації та кореляційно-регресійного аналізу функціональної залежності, що дозволить вивести математичну модель у вигляді поліному та зробити статистичну обробку масиву даних.

РОЗДІЛ 3. ЗАСТОСУВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИ РОЗРОБЦІ РОЗСИПІВ НА КАР'ЄРАХ ІРШАНСЬКОГО ГЗК

3.1 Визначення раціональних параметрів розробки розсіпів Іршанського ГЗК

Основні типи обладнання яке експлуатується на кар'єрах Іршанського ГЗК приведені у табл. 3.1 [2], а результати розрахунку змінної продуктивності для кожного з драглайнів у табл. 3.2, відповідно.

Таблиця 3.1 – Типи обладнання Іршанського ГЗК

№ п/п	Тип обладнання	Марка обладнання
1	Екскаватори крокуючі	ЕК – 5/45; 6,5/45; 10/70; 11/70; 15/90
2	Гідромонітори	ГМД – 250
3	Землесосні установки	ГРТ – 1600/50
4	Грохіт	ГІСЛ – 62

Розрахуємо змінну продуктивність для різних типів драглайнів, які експлуатуються на Іршанському ГЗК.

Змінна продуктивність драглайну – ЕК – 5/45:

$$Q_e^{зм} = \frac{3600 \cdot 5 \cdot 12 \cdot 0,8 \cdot 0,5}{56 \cdot 1,3} = 1186,8, м^3 / зм$$

Змінна продуктивність драглайну – ЕК – 6,5/45:

$$Q_e^{зм} = \frac{3600 \cdot 6,5 \cdot 12 \cdot 0,8 \cdot 0,5}{56 \cdot 1,3} = 1851,4, м^3 / зм$$

Змінна продуктивність драглайну – ЕК – 10/70:

$$Q_e^{зм} = \frac{3600 \cdot 10 \cdot 12 \cdot 0,8 \cdot 0,5}{56 \cdot 1,3} = 2848,3, м^3 / зм$$

Змінна продуктивність драглайну – ЕК – 11/70:

$$Q_e^{зм} = \frac{3600 \cdot 11 \cdot 12 \cdot 0,8 \cdot 0,5}{56 \cdot 1,3} = 3133,1, м^3 / зм$$

Змінна продуктивність драглайну – ЕК – 15/90:

$$Q_e^{зм} = \frac{3600 \cdot 15 \cdot 12 \cdot 0,8 \cdot 0,5}{56 \cdot 1,3} = 4272,5, м^3 / зм$$

Таблиця 3. 2 – Результати розрахунку змінної продуктивності драглайнів

№ п/п	Драглайн	Змінна продуктивність	Одиниці виміру
1	ЕК – 5/45	1186,8	м ³ /зм
2	ЕК – 6,5/45	1851,4	
3	ЕК – 10/70	2848,3	
4	ЕК – 11/70	3133,1	
5	ЕК – 15/90	4272,5	

Розрахуємо ширину заходки та шаг пресування модулю (тобто самого виймально-навантажувального обладнання) для різних типів драглайнів.

Ширина заходки і шаг пересування модулю для драглайнів ЕК – 5/45 та ЕК – 6,5/45:

$$A_z = (0,85...1,2) \cdot A_{cm} = (0,85...1,2) \cdot 45 = 38...54, м$$

$$L_n = (0,2...0,4) \cdot A_{cm} = (0,2...0,4) \cdot 45 = 9...18, м$$

Ширина заходки і шаг пересування модулю для драглайнів ЕК – 10/70 та ЕК – 11/70:

$$A_z = (0,85...1,2) \cdot A_{cm} = (0,85...1,2) \cdot 70 = 60...84, м$$

$$L_n = (0,2...0,4) \cdot A_{cm} = (0,2...0,4) \cdot 70 = 14...28, м$$

Ширина заходки і шаг пересування модулю для драглайна ЕК – 15/90:

$$A_z = (0,85...1,2) \cdot A_{cm} = (0,85...1,2) \cdot 90 = 77...108, м$$

$$L_n = (0,2...0,4) \cdot A_{cm} = (0,2...0,4) \cdot 90 = 18...36, м$$

Результати розрахунків приведені у табл. 3.3, а змінення розрахованих параметрів відображено на рис. 3.1. Слід відмітити, що ширина заходок розрахованих по формулі, є нормальною, але при роботі драглайну по безтранспортній схемі, він може відпрацьовувати вибій широкою заходкою, в такому випадку зменшується коефіцієнт переєкспації. На практиці, наприклад

на Межирічному родовищу Іршанського ГЗК вибої розробляються драглайнми ЕК – 10/70, які мають ширину заходки 100-110 м.

Таблиця 3.3 – Зведена таблиця розрахункових параметрів драглайнів

№ п/п	Драглайн	A_3 , м	L_n , м
1	ЕК – 5/45; ЕК – 6,5/45	38 – 54	9 – 18
2	ЕК – 10/70; ЕК – 11/70	60 – 84	14 – 28
3	ЕК – 15/90	77 – 108	18 – 36

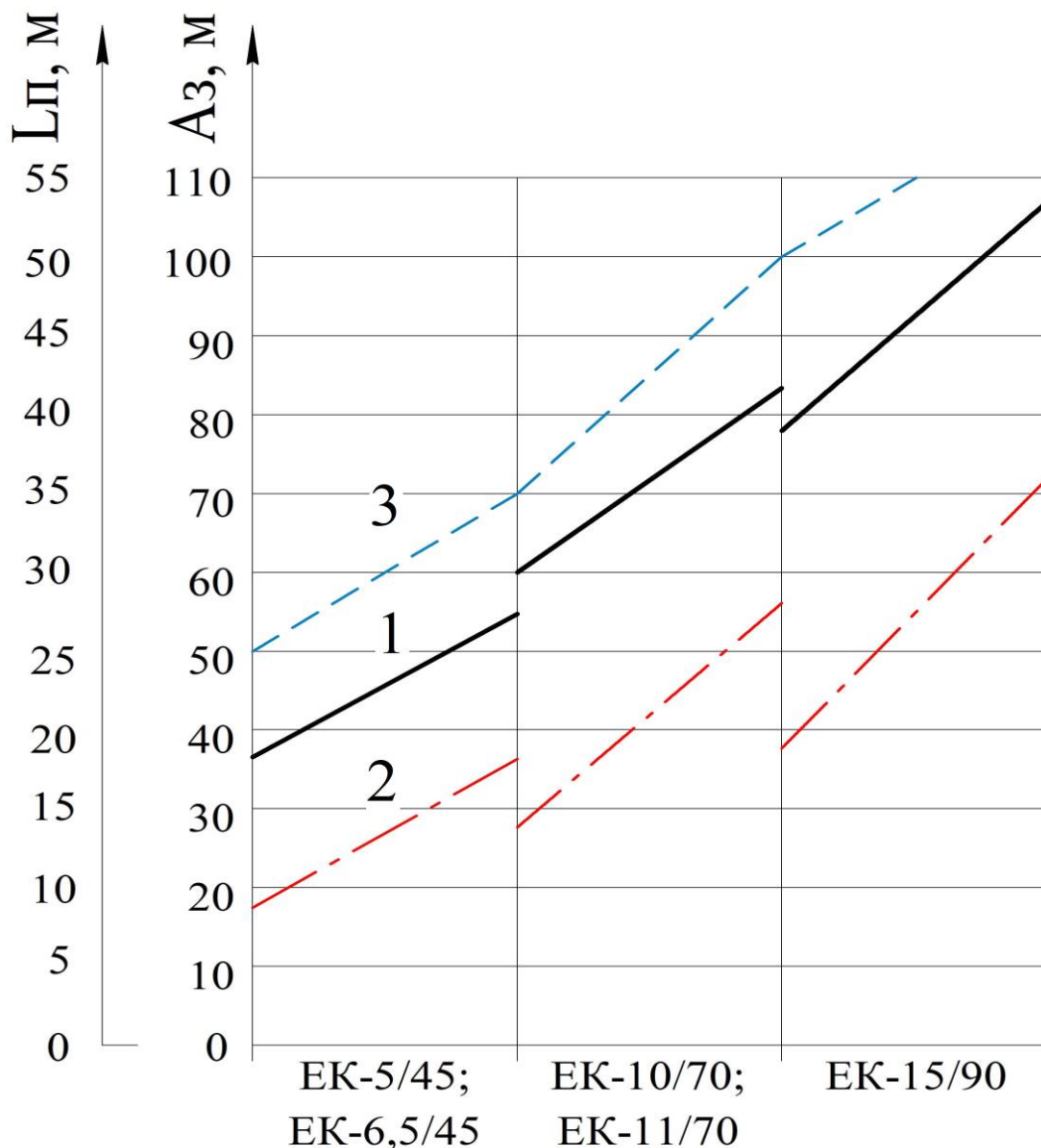


Рис. 3.1 Графік зміни розрахованих параметрів в залежності від типу виймально-навантажувального обладнання: 1 – розрахована ширина заходки, 2 – пересування екскаватора, 3 – ширина заходки для драглайнів які розробляють вибій широкою заходкою

Основними елементами системи розробки являються: висота уступа, кут укосу уступа та бортів, ширина заходки, ширина робочого майданчика, довжина фронту робіт на уступі, довжина і число блоків на уступі, швидкість просування вибою і фронту гірничих робіт та ін.

Висота уступа визначається з урахуванням фізико-механічних властивостей порід, застосованого обладнання, потужності кар'єра. Аналіз отриманих рішень, проведених автором, показав, що раціональна висота уступа при гідромоніторному розмиві по умовам безпечного ведення робіт і мінімальних витрат складає приблизно 30 м. Витрати на розробку 1 м³ породи при збільшенні висоти уступа з 10 до 25 м і з 25 до 35 м зменшується відповідно на 35 – 50 і 4 – 5 %.

Збільшення висоти уступа дає значні економічні переваги: зменшується чисельність уступів в кар'єрі, завдяки чьому скоротшується загальна довжина трубопроводів, зменшується вартість їх монтажу та обслуговування; збільшується продуктивність землесосних установок, так як зменшується число їх пересувань у вибої; зменшується об'єм недомива та час, який витрачається на підрізку уступа, на 1 м³ розроблюємої породи.

В той же час при збільшенні висоти уступа по вимогам техніки безпеки збільшується відстань від гідромонітора до укосу уступа, погіршується якість струї і знижується ефективність розмиву. Ширина робочого майданчика уступа визначається головним чином шириною та числом гідромоніторних заходок. Схеми до визначення ширини робочого майданчика при відпрацюванні гідромоніторно-землесосного блоку продольними і поречними заходками зображені на рис. 3.2 та 3.3 відповідно.

При відпрацюванні родовища продольними та поперечними заходками ширина робочого майданчика визначається по наступним формулам відповідно:

$$Ш_{p.m} = A_3 + C + B_m + B_{m.m} + T + Z, м$$

$$Ш_{p.m} = l_{min} + B_3 + B_{3,y} + B_m + B_{m.m} T + Z, м$$

де: A_3 – ширина заходки землесосної установки, м

Для подальшого дослідження виконаємо певний розрахунок параметрів системи для того, щоб провести аналіз отриманих результатів, останні в свою чергу, коливаються від впливу різних факторів. У цьому зв'язку необхідно урахувати їх, тому розрахунок і аналіз отриманих результатів буде зроблено для розсипних родовищ в цілому, з виділенням раціональних параметрів для умов кар'єрів, які розроблює Іршанський ГЗК (приймаємо висоту уступів по розкриву $H_{у. розкр.} = 11,1$ м; по піскам $H_{у. видоб.} = 6,3$ м).

$$A_3 = A_2 n = 28 \cdot 4 = 112 м$$

$$A_3 = A_2 n = 32 \cdot 4 = 128 м$$

$$A_3 = A_2 n = 36 \cdot 4 = 144 м$$

$$A_3 = A_2 n = 37 \cdot 4 = 148 м$$

$$A_3 = A_2 n = 40 \cdot 4 = 160 м$$

де: $A_Г$ – ширина заходки гідромонітора, м;

n – число гідромоніторних заходок;

C – відстань від нижньої бровки розроблююмого уступа до смуги укладки труб (залежить від число паралельно укладених труб), м;

$B_{т.т}$ – відстань від смуги укладки труб до транспортної полоси, якщо вона необхідна ($B_{т.т} = 1,5$ м);

T – ширина транспортної полоси, якщо використовується автотранспорт ($T = 4,5$ м);

Z – ширина призми можливого обрешення (ширина смуги безпеки), м

$$Z = H_y (ctg \alpha_n - ctg \alpha_p), м$$

де: α_n – кут укосу неробочого борта уступа ($\alpha_n = 45 - 60^\circ$), град;

α_p – кут укосу робочого борта уступа ($\alpha_p = 60 - 80^\circ$), град;

I_{min} – мінімальна відстань гідромонітора від вибою, м;

B_3 – ширина зумпфа ($B_3 = 12$ м);

$B_{3,y}$ – ширина місця розміщення вибойної землесосної установки ($B_{3,y} = 10$ м)

Довжина фронту робіт уступа $L_{\phi.y}$ дорівнює довжині повної заходки (довжині уступа). Частина уступа по довжині, яка відпрацьовується однією гідромоніторною установкою, називається блоком фронту робіт. Довжина блока L_{δ} залежить від довжини фронту робіт уступа і числа гідроустановок, які локалізуються на уступі (при продольних заходках). Частина блока, яка розроблюється з однієї стоянки вибійної землесосною станцією, називається картою. Довжина карти L_k залежить від ухилу пульповідводної канави I та прийнятої висоти недомива порід h_n уступа. Ширина і довжина карти визначається кроком пересування та шириною заходки гідроустановки. Число блоків в межах одного уступа визначається по формулі:

$$n_{\delta} = \frac{L_{\phi.y}}{L_{\delta}}$$

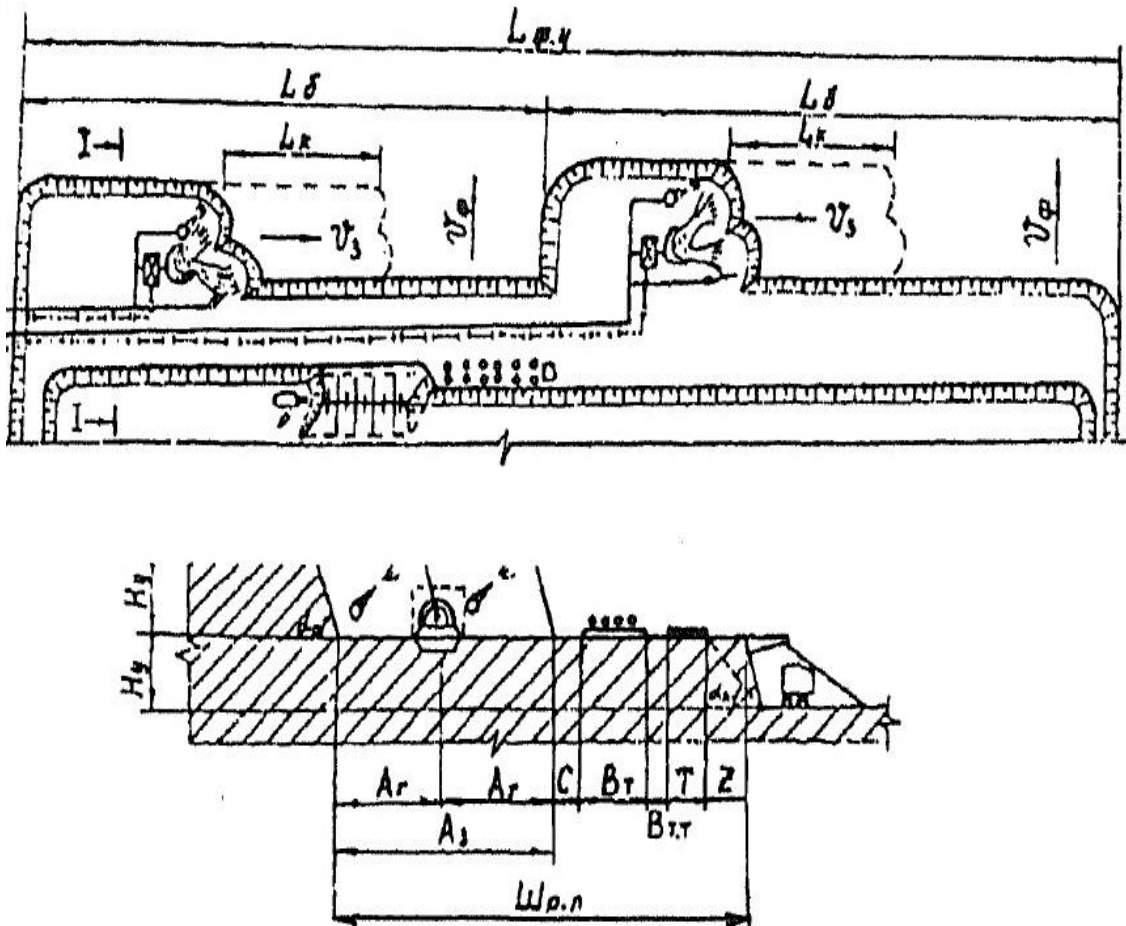


Рис. 3.2 Схема до визначення ширини робочого майданчика при відпрацюванні гідромоніторно-землесосного блоку продольними заходками

Фронт робіт кар'єра складає сумарну довжину фронтів робіт окремих уступів. Фронт розкривних і видобувних робіт в процесі експлуатації кар'єра безперервно переміщується до його кінцевих контурів.

Інтенсивність відпрацювання родовища характеризується швидкістю посування фронту робіт за рік. Швидкість посування фронту гірничих робіт на гідророзкриву залежить від потужності корисних копалин, виробничої потужності кар'єра і режиму робіт засобів гідромеханізації та може складати від 60 до 400 м.

Високі темпи посування фронту гірничих робіт досягаються при розробці молодотужних горизонтальних пластів корисних копалин. Менші темпи посування фронту, мають місце при відпрацюванні похилих та крутоспадних покладів.

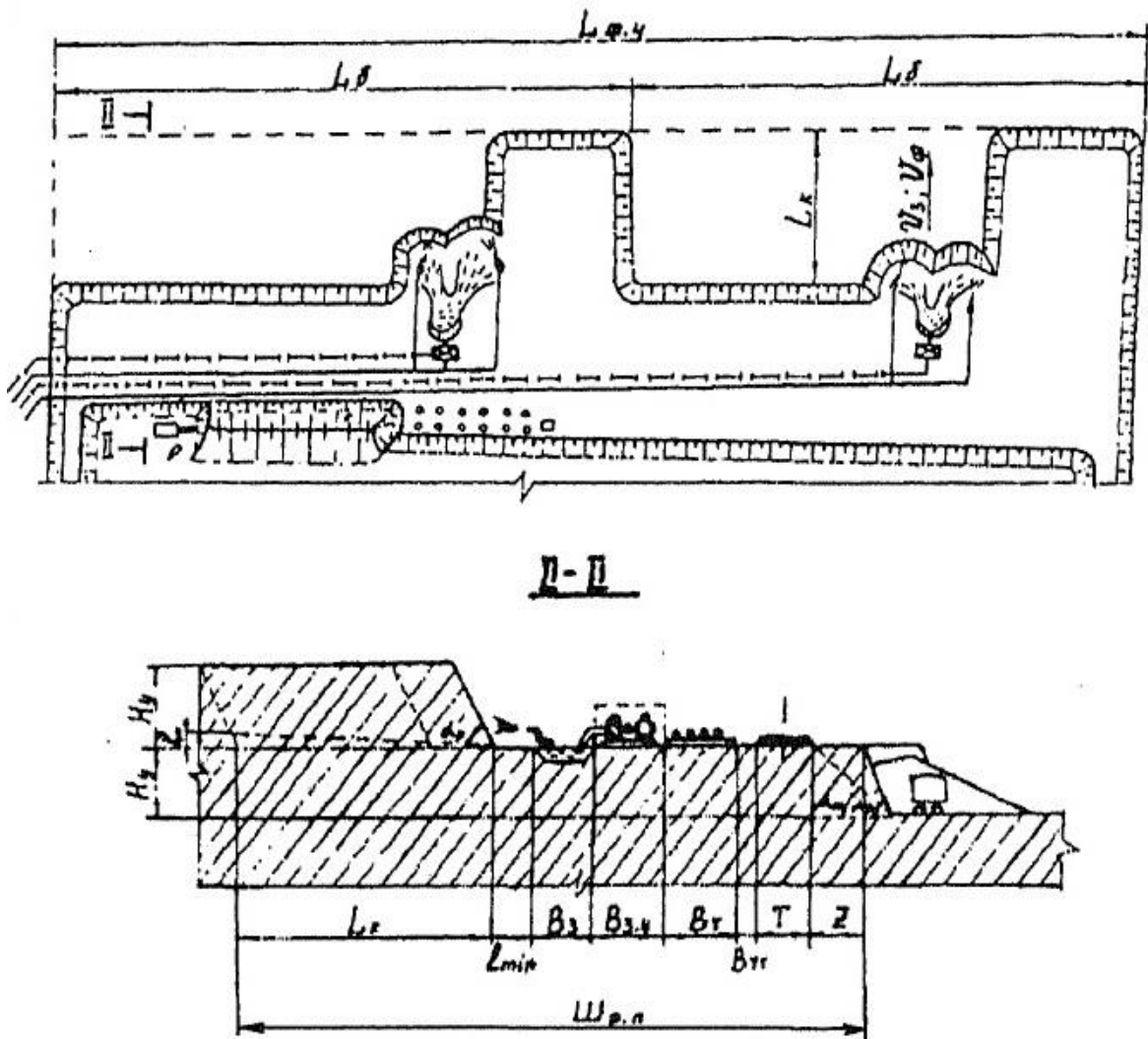


Рис. 3.3 Схеми до визначення ширини робочого майданчика при відпрацюванні гідромоніторно-землесосного блоку поперечними заходками

Швидкість посування вибійної гідроустановки визначається по формулі:

$$V_3 = \frac{Q_{c.3}}{A_3 H_y} = \frac{38400}{112 \cdot 6,3} = 54 м$$

$$V_3 = \frac{Q_{c.3}}{A_3 H_y} = \frac{38400}{128 \cdot 6,3} = 48 м$$

$$V_3 = \frac{Q_{c.3}}{A_3 H_y} = \frac{38400}{144 \cdot 6,3} = 42 м$$

$$V_3 = \frac{Q_{c.3}}{A_3 H_y} = \frac{38400}{148 \cdot 6,3} = 41 м$$

$$V_3 = \frac{Q_{c.3}}{A_3 H_y} = \frac{38400}{160 \cdot 6,3} = 38 м$$

де: $Q_{c.3}$ – добова продуктивність землесосної установки по породі, м³

У другому розділі дипломної роботи представлені і розглянуті системи розробки в умовах експлуатації розсипних родовищ та їх параметри, тому переміщення фронту розкривних та видобувних робіт може бути найчастіше паралельно-поздовжнє, паралельно-поперечне, віялове та змішане, що відповідає прийнятій системі розробки. Схеми переміщення фронту гірничих робіт в кар'єрі зображені на рис. 3.4.

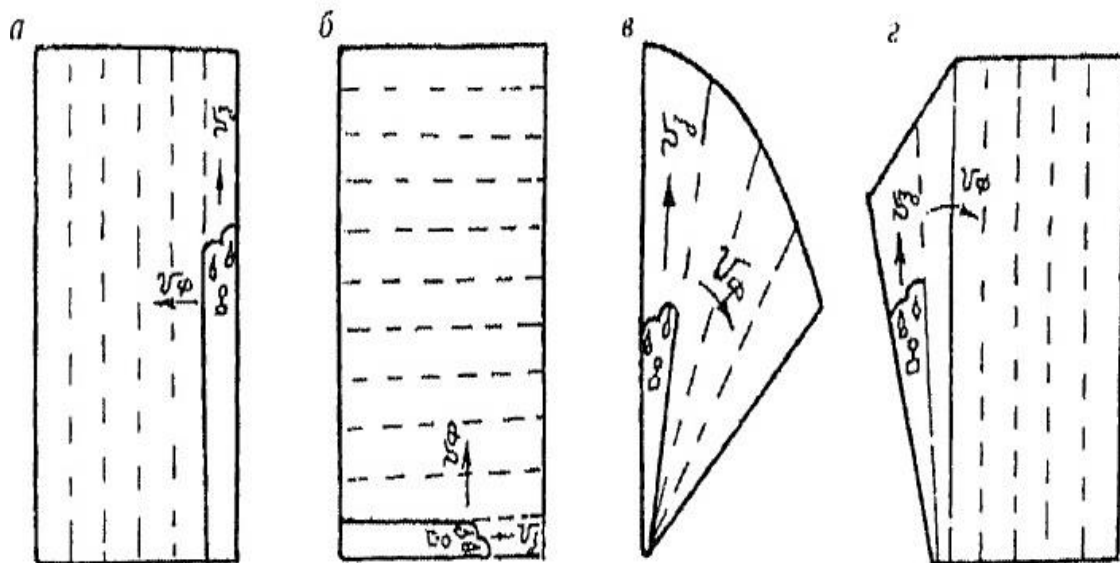


Рис. 3.4 Схеми переміщення фронту гірничих робіт в кар'єрі: а – паралельно-поздовжнє; б – паралельно-поперечне; в – віялове; г – змішане

Мінімальна l_{min} і максимальна l_{max} відстань від гідромонітора до вибою знаходиться відячи з висоти уступу і діаметра насадки .

$$l_{min} = \alpha H_y = 0,4 \cdot 11,1 = 4,5 м$$

$$l_{min} = \alpha H_y = 0,4 \cdot 6,3 = 2,5 м$$

де: α – коефіцієнт приближення гідромонітора до вибою (при ручному керуванні гідромонітором $\alpha = 0,8 - 1,1$, при дистанційному – $\alpha = 0,3 - 0,4$)

H_y – висота уступу який розроблюється, м

При боковому розмиві l_{min} можливо зменшити на 20 – 25 % при ручному керуванні гідромонітором.

Максимальна відстань знаходиться по довжині основної ділянки струї:

$$l_{max} = 400 d_{cm} = 400 \cdot 0,08 = 32 м$$

$$l_{max} = 400 d_{cm} = 400 \cdot 0,1 = 40 м$$

$$l_{max} = 400 d_{cm} = 400 \cdot 0,11 = 44 м$$

$$l_{max} = 400 d_{cm} = 400 \cdot 0,12 = 50 м$$

$$\text{або } l_{max} = 0,4 H_z = 0,4 \cdot 60 = 24 м$$

де: d_{cm} – діаметр стандартної насадки (стандартні насадки для гідромонітора ГМД – 250: 80, 100, 110, 125 мм), м;

H_z – напор на виході з насадки гідромонітора, м

Крок пересування гідромонітора:

$$a_z = l_{max} - l_{min} = 24 - 2,5 = 21,5 м$$

$$a_z = 32 - 2,5 = 29,5 м$$

$$a_z = 40 - 2,5 = 37,5 м$$

$$a_z = 44 - 2,5 = 41,5 м$$

$$a_z = 50 - 2,5 = 47,5 м$$

Об'єм порід, який розроблюється з однієї стоянки (позиції) гідромонітора:

$$W_o = A_z \cdot a_z \cdot H_y = 28 \cdot 21,5 \cdot 6,3 = 3792,6 \text{ м}^3$$

$$W_o = A_z \cdot a_z \cdot H_y = 32 \cdot 29,5 \cdot 6,3 = 5947,2 \text{ м}^3$$

$$W_o = A_z \cdot a_z \cdot H_y = 36 \cdot 37,5 \cdot 6,3 = 8505 \text{ м}^3$$

$$W_o = A_z \cdot a_z \cdot H_y = 37 \cdot 41,5 \cdot 6,3 = 9673,6 \text{ м}^3$$

$$W_o = A_z \cdot a_z \cdot H_y = 40 \cdot 47,5 \cdot 6,3 = 11970 \text{ м}^3$$

де: A_z – ширина заходки гідромонітора, м

$$A_z = 2\sqrt{l_{\max}^2 - (H_y + a_z)^2} = 2\sqrt{24^2 - (6,3 + 21,5)^2} = 28 \text{ м}$$

$$A_z = 2\sqrt{l_{\max}^2 - (H_y + a_z)^2} = 2\sqrt{32^2 - (6,3 + 29,5)^2} = 32 \text{ м}$$

$$A_z = 2\sqrt{l_{\max}^2 - (H_y + a_z)^2} = 2\sqrt{40^2 - (6,3 + 37,5)^2} = 36 \text{ м}$$

$$A_z = 2\sqrt{l_{\max}^2 - (H_y + a_z)^2} = 2\sqrt{44^2 - (6,3 + 41,5)^2} = 37 \text{ м}$$

$$A_z = 2\sqrt{l_{\max}^2 - (H_y + a_z)^2} = 2\sqrt{50^2 - (6,3 + 47,5)^2} = 40 \text{ м}$$

Витрата води гідромонітором визначається по формулі:

$$Q_{z.c} = \frac{Q_{zm}}{3600} = \frac{600}{3600} = 0,166 \text{ м}^3 / \text{с}$$

де: Q_{zm} – продуктивність гідромонітора ГМД – 250 (прийнята з практичної експлуатації на кар'єрі № 9 Іршанського ГЗК)

Розрахунковий діаметр насадки гідромонітора:

$$d_n = 0,52 \sqrt{\frac{Q_{z.c}}{\sqrt{H_z}}} = 0,52 \sqrt{\frac{0,166}{\sqrt{60}}} = 0,076, \text{ м}$$

де: H_z – напор гідромонітора (для ГМД -250, $H_z=60$ м)

Приймаємо $d_n=80$ мм.

По мірі розробки заходки блоками землесосну установку періодично переміщують до вибою на відстань, яка дорівнює кроку пересування.

Крок пересування знаходиться по наступній формулі:

$$a_3 = \frac{\Delta h}{i} = \frac{0,5}{0,02} = 25\text{ м}$$

$$a_3 = \frac{\Delta h}{i} = \frac{1,0}{0,02} = 50\text{ м}$$

$$a_3 = \frac{\Delta h}{i} = \frac{1,5}{0,02} = 75\text{ м}$$

$$a_3 = \frac{\Delta h}{i} = \frac{2,0}{0,02} = 100\text{ м}$$

де: Δh – висота недомива (від 0,5 до 2,0), м;

i – ухил підшови вибою (приймаємо середнє значення 0,02‰)

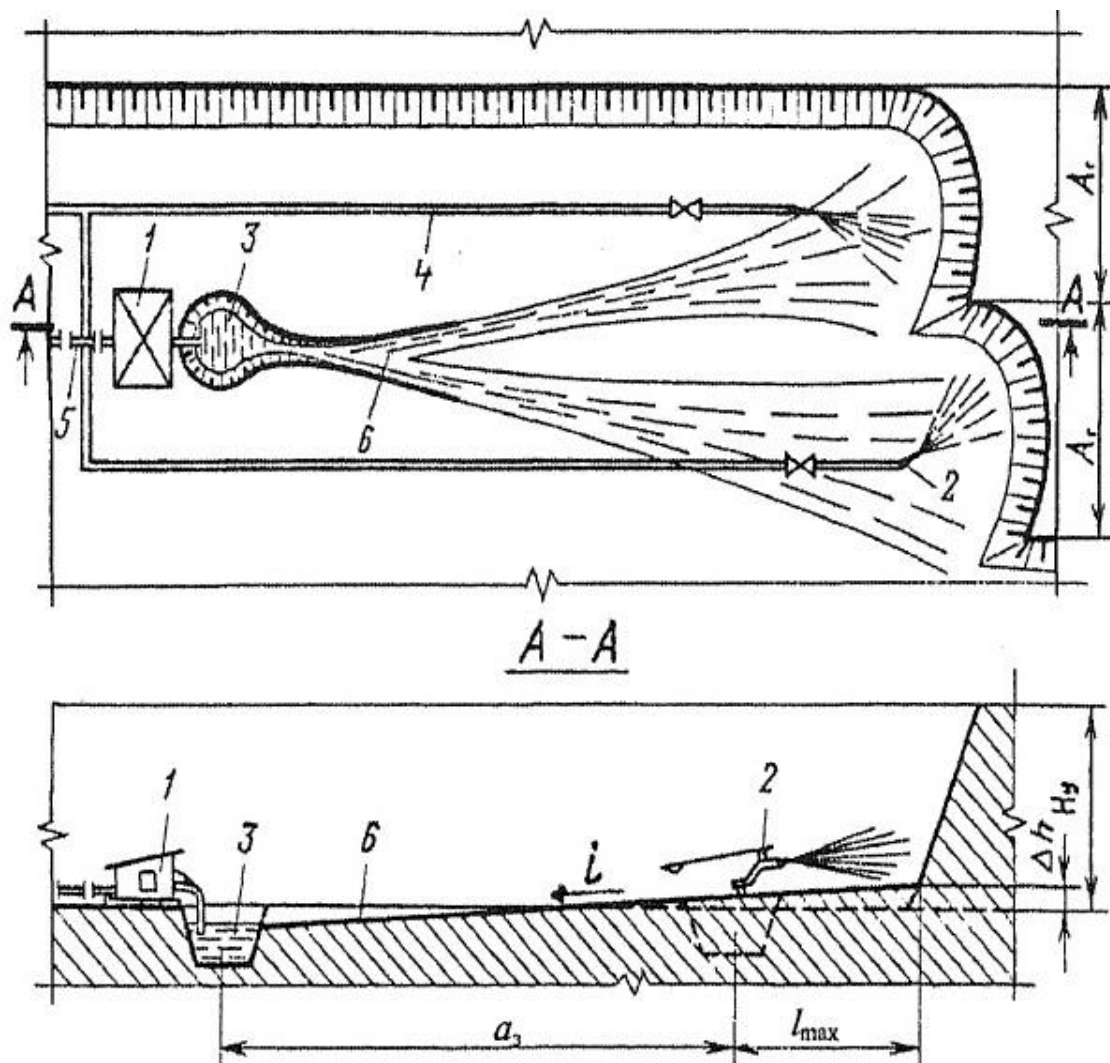


Рис. 3.5 Схема гідромоніторної розробки розкривних порід: 1 – землесосна станція; 2 – гідромонітор; 3 – зумпф; 4 – водовід; 5 – пульпопровід; 6 – пульповідводна канава; a_3 – крок пересування забійної землесосної установки;

l_{max} – максимальна відстань від гідромонітора до вибою уступа; A_2 – ширина заходки гідромонітора; Δh – висота недомиву; H_y – висота уступа

Найбільша висота недомива при розробці профільних виїмок не повинна перевищувати 1,5 – 2 м. Зазвичай шаг пересування складає 50 – 75 м для пісчаних 100 – 150 для глинистих ґрунтів [20].

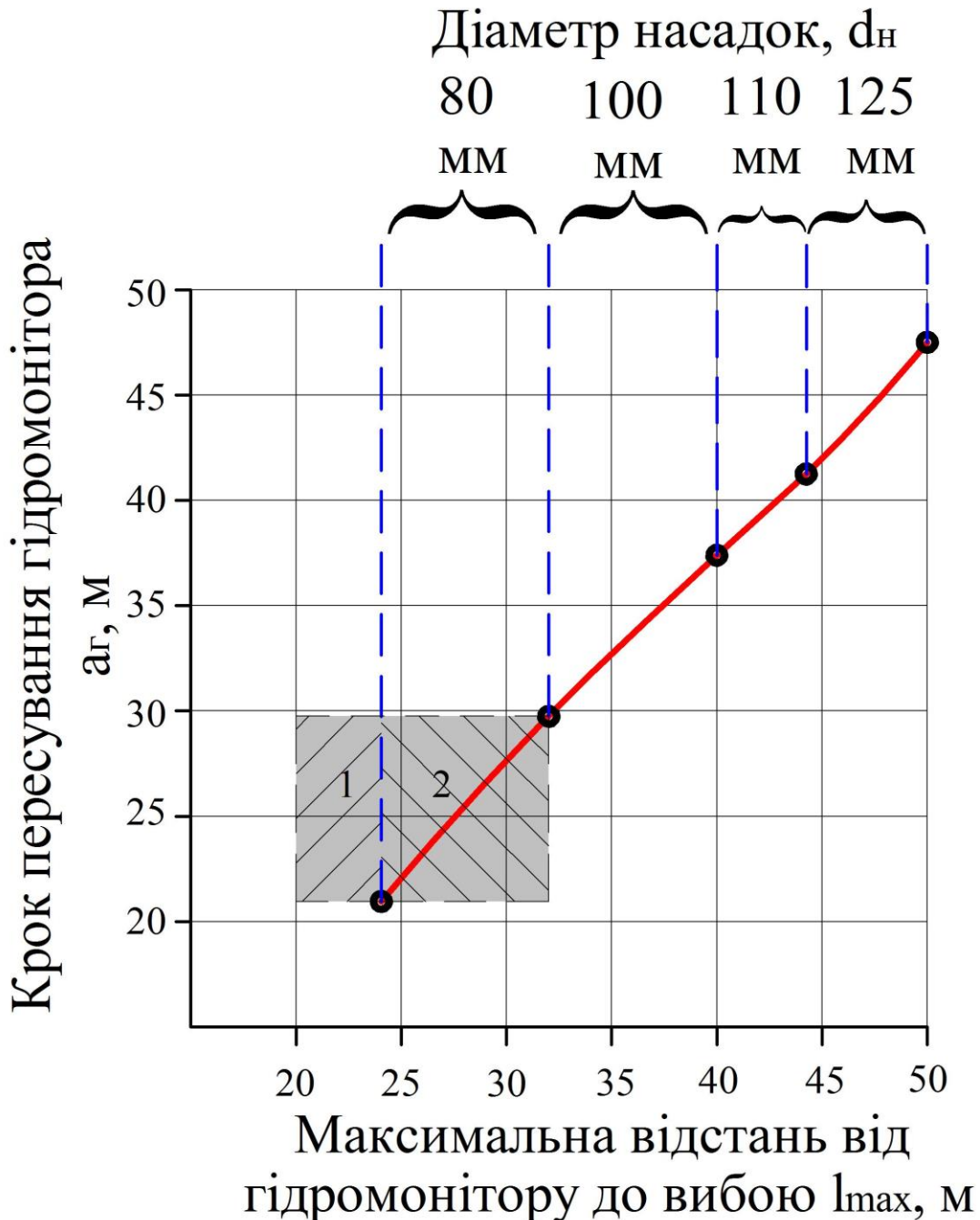


Рис. 3.6 Графік залежності кроку пересування гідромонітора a_g та максимальної відстані від гідромонітора до вибою l_{max} : 1, 2 – області значень які є раціональними показниками для кар'єрів Іршанської групи розсипів (з урахуванням устаткування, що експлуатується)

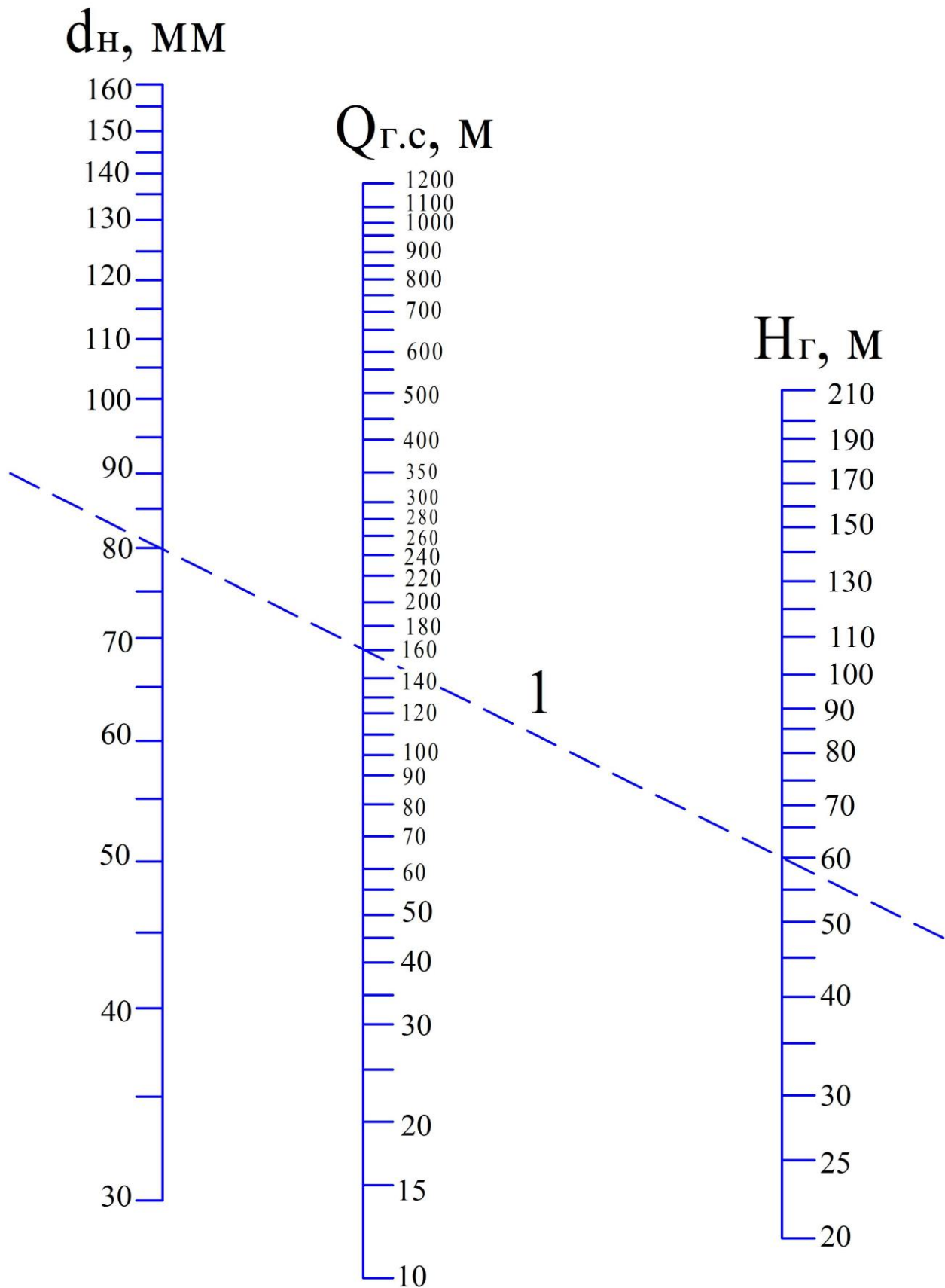


Рис. 3.7 Номограма для визначення витрати води $Q_{г.с.}$ гідромонітором в залежності від напора H_g та діаметра насадки d_n : 1 – показники для умов Межирічного родовища Іршанського ГЗК

Пересування землесосної установки виконують бульдозерами після підготовки майданчика. Ухили пульповідводних каналів приймають в залежності від типу ґрунту, який розроблюється і продуктивності гідромонітора. У табл. 3.4 приведені результати розрахунків, в результаті яких виявлені раціональні параметри розробки розсипів у тому числі і для кар'єрів Іршанського ГЗК.

Таблиця 3.4 – Раціональні параметри розробки розсипних родовищ

Швид. посування гідроустановки V_3 , м	Ширина заходки землесос. установки A_3 , м	Макс. відстань від гідромонітора до вибою l_{max} , м	Крок пересування гідромонітора a_2 , м	Об'єм порід, який может бути розмитий з однієї стоянки W_0 , м ³	Ширина заходки гідромонітора A_2 , м	Крок пересування землесосної установки a_3 , м
38	112*	24*	21,5*	3792,6*	28*	25
41	128**	32**	29,5**	5947,2**	32**	50*
42	144	40	37,5	8505,0	36	75**
48**	148	44	41,5	9673,6	37	100
54*	160	50	47,5	11970,0	40	-

* – раціональні показники для Межирічного родовища з урахуванням обладнання, яке експлуатується; ** – раціональні показники для розсипів родовищ Іршанської групи в цілому

3.2 Розрахунок і побудова математичних моделей взаємозв'язків параметрів системи розробки шляхом кореляційно-регресійного аналізу

Необхідно дослідити наскільки сильний зв'язок однієї змінної з другою, та побудувати графік функції, для якої треба виконати апроксимацію. Одже у якості вихідних даних виступають параметри, які були розраховані у підрозділі 3.1, вони в свою чергу є раціональними як для розсипних родовищ Іршанського ГЗК, так і для споріднених розсипів України та світу.

Важливими показниками при гідромеханізації робіт на кар'єрах є такі як: крок пересування гідромонітора a_2 та максимальна відстань від гідромонітора до

вибою l_{max} , саме для цих двох параметрів зробимо лінійну апроксимацію і виявимо наскільки сильний їх зв'язок.

Таблиця 3.5 – Вихідні дані для апроксимації (n=4)

Крок пересування гідромонітора a_2 , м (змінна x)	Максимальна відстань від гідромонітора до вибою l_{max} , м (змінна y)
21,5	24
29,5	32
37,5	40
41,5	44

$$\begin{cases} x_1 + x_2 + x_3 + x_4 = 130 \\ y_1 + y_2 + y_3 + y_4 = 140 \\ x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 + x_4^2 = 4461 \\ x_1 y_1 + x_2 y_2 + x_3 y_3 + x_4 y_4 = 4786 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 4 \cdot b_0 + 130 \cdot b_1 = 140; \\ 130 \cdot b_0 + 4461 \cdot b_1 = 4786; \end{cases} \quad \begin{cases} b_0 = 2,5 \\ b_1 = 1 \end{cases}$$

Середні значення аргументів розраховуються по наступній формулі:

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} = \frac{21,5 + 29,5 + 37,5 + 41,5}{4} = 32,5$$

$$\bar{y} = \frac{\sum y_i}{n} = \frac{24 + 32 + 40 + 44}{4} = 35$$

Середні квадратичні відхилення:

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum x_i^2}{n} - \bar{x}^2} = \sqrt{\frac{(21,5 + 29,5 + 37,5 + 41,5)^2}{4} - 32,5^2} = 56,2$$

$$S_y = \sqrt{\frac{\sum y_i^2}{n} - \bar{y}^2} = \sqrt{\frac{(24 + 32 + 40 + 44)^2}{4} - 35^2} = 60,6$$

Наступним кроком визначимо коефіцієнт кореляції після чого вилучемо з нього корінь квадратний і отримаємо коефіцієнт детермінації. Ці два коефіцієнта порівняємо по шкалі Чеддока.

Коефіцієнт кореляції:

$$r = \frac{\sum x_i \cdot y_i - \bar{x} \cdot \bar{y}}{S_x \cdot S_y} = \frac{130 \cdot 140 - (32,5 \cdot 35)}{56,2 \cdot 60,6} = 1,0$$

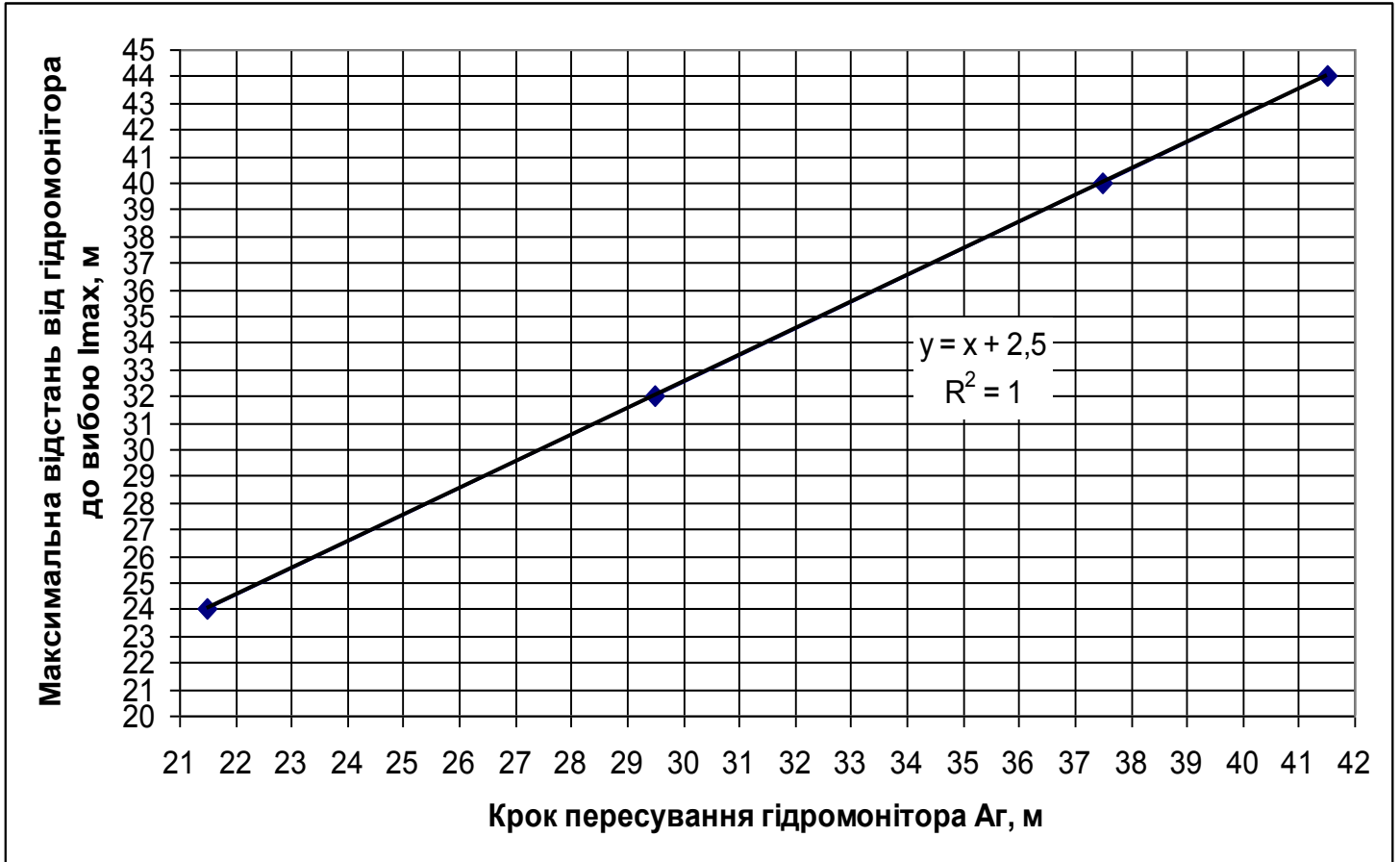


Рис. 3.8 Апроксимація функції однієї змінної $l_{max}=f(A_g)$

Як бачимо з розрахунків коефіцієнти кореляції і детермінації дорівнюють одному, що свідчить про дуже сильний взаємозв'язок згідно якості оцінки щільності зв'язку за шкалою Чеддока, остання в свою чергу наведена у другому розділі дипломної роботи.

Таблиця 3.6 – Шкала Чеддока якісної оцінки зв'язку

Інтервал, кому належить значення індексу кореляції	Якісна оцінка щільності зв'язку
0,1 – 0,3	слабкий зв'язок
0,3 – 0,5	помірний зв'язок
0,5 – 0,7	помітний зв'язок
0,7 – 0,9	сильний зв'язок
0,9 – 0,99	дуже сильний зв'язок

Наступним кроком є отримання математичної моделі у вигляді полінома за допомогою зворотної матриці, яку необхідно вирішити. У цьому зв'язку маємо два фактора x , тобто дві змінні, які залежать від y . Вихідні дані наведені у табл. 3.7.

Таблиця 3.7 – Вихідні дані для отримання математичної моделі

Крок пересування гідромонітора a_2 , м (змінна x_1)	Ширина заходки гідромонітора A_2 , м (змінна x_2)	Об'єм порід, який может бути розмитий з однієї стоянки W_0 , м ³ (y)
21,5	28	3792
29,5	32	5947
37,5	36	8505
41,5	37	9673
47,5	40	11970

Визначаємо вектор оцінок коефіцієнтів регресії. Згідно методу найменших квадратів, вектор S виходить з виразу: $S=(X^T X)^{-1} X^T Y$. До матриці зі змінними x_i додаємо одиничний стовпець (табл. 3.8).

Таблиця 3.8 – Змінні x_i з одиничним стовпцем

1	21,5	28
1	29,5	32
1	37,5	36
1	41,5	37
1	47,5	40

Таблиця 3.9 – Матриця Y

3792
5947
8505
9673
11970

Таблиця 3.9 – Матриця X^T

1	1	1	1	1
21,5	29,5	37,5	41,5	47,5
28	32	36	37	40

Множимо матриці, $(X^T X)$.

$$X^T X = \begin{vmatrix} 55 & 177,5 & 173 \\ 177,5 & 6717,25 & 6331,5 \\ 173 & 6331,5 & 6073 \end{vmatrix}$$

Множимо матриці, $(X^T Y)$.

$$X^T Y = \begin{vmatrix} 39887 \\ 1545906,5 \\ 1439361 \end{vmatrix}$$

Знаходимо зворотню матрицю, $(X^T X)^{-1}$.

$$(X^T X)^{-1} = \begin{vmatrix} 805,898 & 19,854 & -43,656 \\ 19,854 & 0,498 & -1,084 \\ -43,656 & -1,084 & 2,374 \end{vmatrix}$$

Вектор оцінок коефіцієнтів регресії дорівнює:

$$Y(X) = \begin{vmatrix} 805,898 & 19,854 & -43,656 \\ 19,854 & 0,498 & -1,084 \\ -43,656 & -1,084 & 2,374 \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} 39887 \\ 1545906,5 \\ 1439361 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} -195,372 \\ 384,68 \\ -158,485 \end{vmatrix}$$

Таким чином на базі розрахованих показників системи розробки, була отримана математична модель у вигляді поліному, шляхом рішення зворотної матриці.

$$Y = -195,372 + 384,68 \cdot X_1 - 158,485 \cdot X_2$$

За допомогою програми Microsoft Excel 2003 побудуємо просторове зображення об'єму порід які можуть розроблюватись з однієї стоянки гідромонітора як функції двох змінних: крок пересування гідромонітора (м) та ширина заходки гідромонітора (м). Графік даної залежності наведений на рис. 3.9.

У табл. 3.10 наведено рішення для побудови просторового зображення

функції двох змінних.

Таблиця 3.10 – Розрахунок функції двох змінних

$z \downarrow \rightarrow$	$x \rightarrow$	$H_y = 6,3 \text{ м} - \text{const}$			
$y \downarrow$	28	32	36	37	40
21,5	3792,6	4334	4876	5012	5418
29,5	5203,8	5947	6691	6876	7434
37,5	6615	7560	8505	8741	9450
41,5	7320,6	8366	9412	9674	10458
47,5	8379	9576	10773	11072	11970

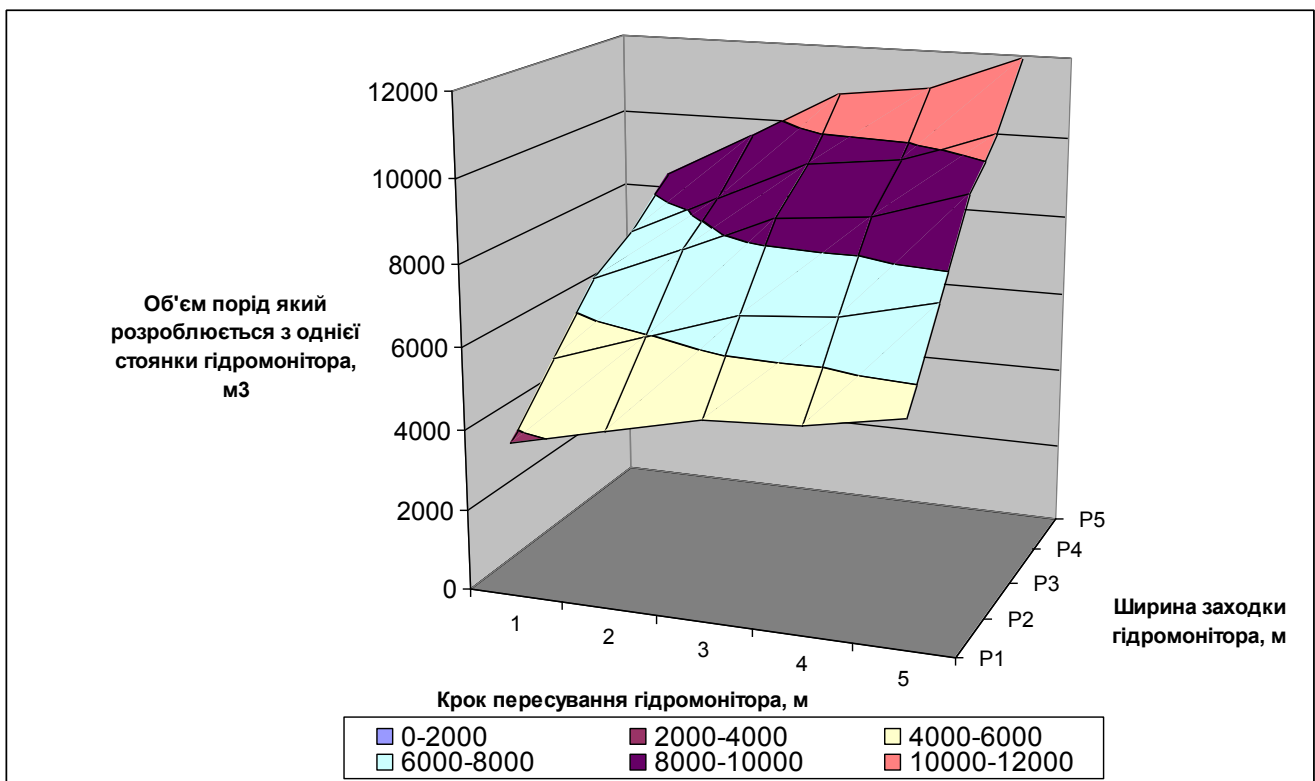


Рис. 3.9 Просторове зображення об'єму порід які можуть розроблюватись з однієї стоянки гідромонітора як функції двох змінних: крок пересування гідромонітора (м) та ширина заходки гідромонітора (м)

3.3 Організація гірничих робіт з урахуванням інтеграції всіх результатів досліджень

Виходячи з пояснювальної записки Межирічного родовища [2, 20], яке входить до групи росипів Іршанського ГЗК, останньому, гірничий відвід

чинний до 11.02.2035 року. Також були досліджені запаси корисних копалин Юрської ділянки, які наведені у табл. 3.11.

Таблиця 3.11 – Забезпеченість балансовими запасами на 2017 рік

Найменування	Об'єм, тис.м ³	Кількість ільменіту, тис.т	Кількість TiO ₂ , тис.т
Очікуваний залишок запасів на 01.01.2017 р. в проектному контурі кар'єра (B+C ₁)	12969,5	1052,7	541,9
Заплановані погашені запаси на 2017 рік	894,6	48,5	30,6
Очікуваний залишок запасів на 01.01.2018 р. в проектному контурі кар'єра (B+C ₁)	12074,9	1004,2	511,3

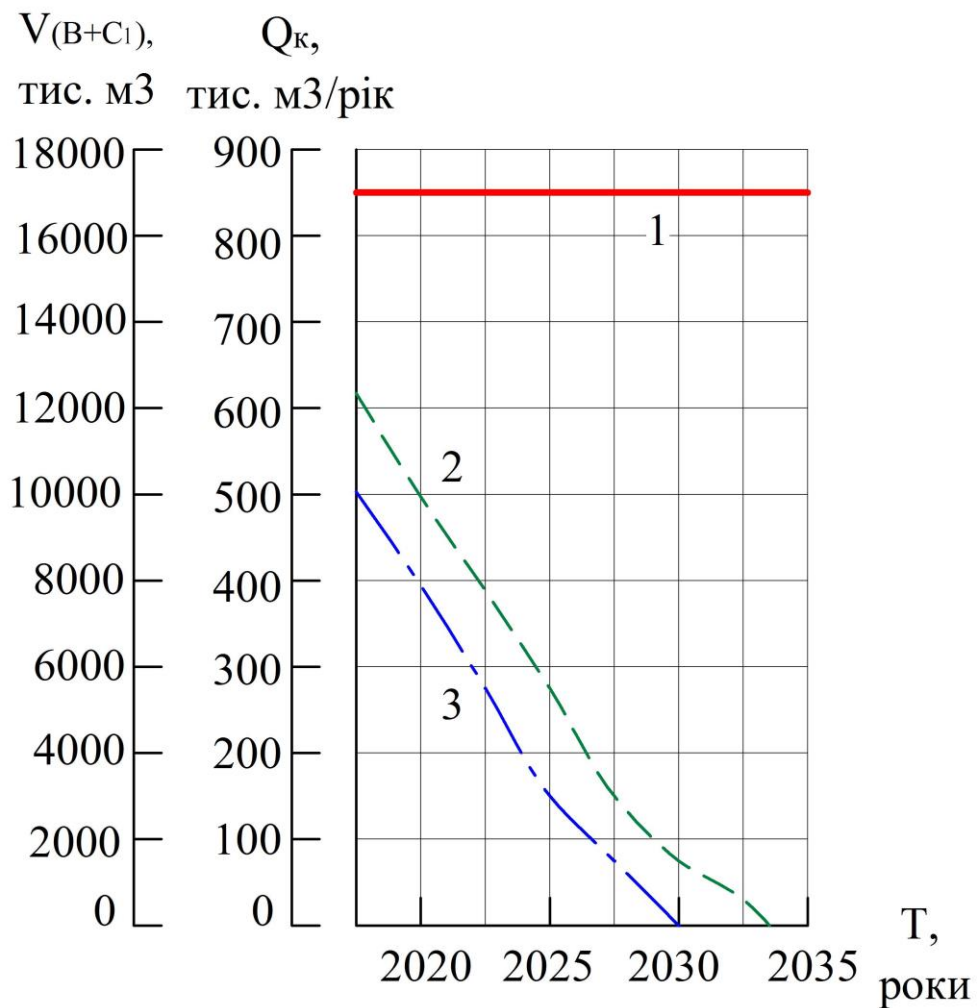


Рис. 3.10 Графік відпрацювання запасів Юрської ділянки Межирічного родовища ІГЗК: 1 – річна потужність кар'єра № 9; 2 – змінення балансових

запасів родовища ($B+C_1$) з урахуванням часу та річної потужності; змінення кількості ільменіту

У цьому зв'язку, враховуючи річний видобуток у 850 тис. м³, термін який відведений для користування надрами (гірничий відвід) та об'єми балансових запасів був отриманий графік відпрацювання запасів родовища з просторово-часовою ув'язкою (рис. 3.10).

При аналізі літературних джерел (роділ 1) автором відмічається, що в роботах Н.Я. Лобанова, процеси організації і планування виконуються за допомогою планограм і мережевих графіків. У цьому зв'язку враховуючи інтенсифікацію прогресу в області інформаційних систем і технологій на підприємствах гірничорудної галузі процеси планування і організації, в тому числі побудова мережевих графіків і календарних планів здійснюється за допомогою таких програмних продуктів як: КОМПАС – 3D, K-MINE, Micromine, AutoCad, Surface, Microsoft та ін. Тому для того, щоб виконати організацію гірничих робіт для Межирічного родовища, яке розроблюється кар'єром № 9 Іршанського ГЗК, з урахуванням інтеграції всіх результатів досліджень, автором прийняте рішення відобразити це у вигляді планограми, остання в свою чергу буде побудована за допомогою систем автоматизованного проектування, а саме «**КОМПАС – 3D V15**».

Таблиця 3.12 – Вихідні дані для планограми організації гірничих робіт на Межирічному родовищі

№ роботи	Наіменування роботи
1	Розмив породи гідромонітором
2	Перегін екскаватора
3	Пересування і монтаж гідромонітора
4	Пересування і монтаж землесосної установки
5	Пересування трансформаторної станції
6	Прокладка трубопроводу
7	Прокладка пульповоду

8	Установка і монтаж ЛЕП 6кВ	
9	Доставка матеріалів та обладнання	
10	Прокладення канави та підготовка зумпфа	
Об'єм порід з однієї стоянки гідромонітора, м ³		3793
Місячний об'єм порід, м ³		70833
Річний об'єм порід, м ³		850000

На рис. 3.11 зображена отримана планограма організації гірничих робіт для кар'єра № 9, яким розроблюється Межирічне родовище Іршанського ГЗК. Дана планограма базується на розрахунках третього розділу дипломної роботи та виконана за допомогою системи автоматизованого проектування. З рис. 3.11 бачимо, що за один місяць роботи кар'єра треба 19 разів переміщувати гідромонітор вслід посуванню фронту гірничих робіт, а перегін екскаватора ЕК – 10/90, за той же час, складатиме 11 разів. Дані показники були розраховані і відображені на планограмі з урахуванням розрахунків третього розділу для діючого обладнання на кар'єрі № 9.

Висновки по розділу

Третій розділ є найголовнішим у всій дипломній роботі, так як саме в ньому вирішуються останні дві задачі дослідження, а саме: проведення статистичної обробки результатів досліджень та на їх основі складання математичної моделі взаємозв'язків параметрів системи розробки і виконання організації розробки розсипних родовищ з урахуванням інтеграції всіх результатів дослідження.

Розглянуті основні види обладнання для якого визначенні раціональні параметри розробки Межирічного родовища, яке розроблюється кар'єром № 9 Іршанського ГЗК, а саме такі як: змінна продуктивність та ширина заходки і шаг пересування модулю для драглайнів – ЕК – 5/45, 6,5/45, 10/70, 11/70, 15/90; ширина заходки землесосної установки; швидкість посування вибійної гідроустановки; мінімальна і максимальна відстань від гідромонітора до вибою; крок пересування гідромонітора; об'єм порід, який розроблюється з однієї стоянки (позиції) гідромонітора; ширина заходки гідромонітора та інші.

На базі кореляційно-регресійного аналізу отримали математичну модель у вигляді полінома. Виконана лінійна апроксимація функції, для розрахованих параметрів системи. Побудоване просторове зображення об'єму порід які можуть розроблюватись з однієї стоянки гідромонітора як функції двох змінних: крок пересування гідромонітора (м) та ширина заходки гідромонітора (м).

Виконана організація розробки Межирічного родовища шляхом побудови планування гірничих робіт за допомогою систем автоматизованного проектування, а саме «КОМПАС – 3D V15».

ЗАГАЛЬНИЙ ВИСНОВОК

1. Викладено загальні відомості про сучасний стан гірничих робіт на провідних розсипних родовищах України, на базі виконаного аналізу їх геологічних особливостей, систем розробки і схем збагачення корисних копалин. Виконано порівняння змісту ільменіту на родовищах України в порівнянні з закордонними конкурентоспроможними підприємствами. Зображені принципові схеми збагачення титан-цирконієвих пісків (Вільногірський ГМК) і ільменітових пісків (Іршанський ГЗК).

2. У кваліфікаційній роботі досліджені параметри, які дозволили побудувати залежності питомої витрати води від категорії порід при розмиванні родовища з урахуванням розглянутих систем розробки зустрічним, попутним, бічним і віяловим вибоєм. В результаті аналізу було визначено, яка з перерахованих вище систем є найбільш економічною, а саме це системи попутньо-зустрічним вибоєм (віялова система) та попутнім. Розглянуті критерії ефективності розробки родовища, такі як виймально-навантажувальний комплекс, від якого залежить швидкість посування фронту гірничих робіт, ширина заходки, швидкість переміщення зумпфа і гідромонітора слідом за розкривних уступом. Встановлено, що драглайн, який працює по безтранспортній схемі зумовлює його роботу у вузькому вибої, ширина якого визначається не паспортними характеристиками екскаватора, а гірничо-геологічними умовами родовища. Таким чином крокуючі екскаватори можуть відпрацювати кар'єрне поле широкою західкою до 100 м і більше.

3. Здійснена статистична обробка результатів досліджень з інтеграцією всіх розрахунків та рішень і на цій основі побудували математичну модель взаємозв'язків параметрів системи розробки у вигляді полінома, за допомогою зворотньої матриці. Статистична обробка включає в себе кореляційно-регресійний аналіз та просторове зображення об'єму порід які можуть розроблюватись з однієї стоянки гідромонітора як функції двох змінних: крок пересування гідромонітора та ширина заходки гідромонітора.

4. Виконали організацію розробки розсипних родовищ з урахуванням

інтеграції всіх результатів дослідження, на прикладі Межирічного родовища Юрської ділянки, яка розроблюється кар'єром № 9 Іршанського ГЗК. Отримали планограму гірничих робіт, з якої бачимо, що за один місяць роботи кар'єра треба 19 разів переміщувати гідромонітор вслід посуванню фронту гірничих робіт, а перегін екскаватора ЕК – 10/90, за той же час, складатиме 11 разів. Дані показники були розраховані і відображені на планограмі з урахуванням розрахунків третього розділу для діючого обладнання на кар'єрі № 9. Виконана організація розробки Межирічного родовища шляхом побудови планограми гірничих робіт за допомогою систем автоматизованного проектування.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Олейник Т.А. Развитие технологии добычи, обогащения и переработки титанового сырья в мире и Украине / Т.А. Олейник, Т.П. Гурьянова, Г.А. Колобов, А.И. Гамалинский, И.А. Гамалинский, Ю.В. Поплавский, В.В. Криворучко. // Разработка рудних месторождений: труды КНУ. – 2010. - С. 1-16.
2. Пояснювальна записка до плану розвитку гірничих робіт на розсипних родовищах України. (Вільногірського ГМК та Іршанського ГЗК), 2016. 151 с.
3. Губин Г.В. Современное состояние мирового и внутреннего рынка титана / Г.В. Губин, Т.А. Олейник, Ф.Г. Татаринов // Разработка рудних месторождений: труды КГТУ. – 2006. – Вып. 90 - С. 100-105.
4. Лезгинцев Г.М. Гидромеханизация разработки россыпей и методы расчетов / Г.М. Лезгинцев. – М.: «Наука», 1968. – 220 с.
5. Б.Э. Фридман. Разработка россыпных месторождений гидравлическим способом. Автореферат на соискание ученой степени – М.: «ИГД им. А.А. Скочинского», 1965. 34 с.
6. Никонов Г.П. Гидромеханизация в угольной промышленности / Г.П. Никонов, С.О. Славутский. – М.: «Углетехиздат», 1952.
7. Агошков М.И. Разработка рудных и россыпных месторождений / М.И. Агошков, С.С. Борисов, В.А. Боярский. – М.: «Горное дело», 1962. – 680 с.
8. Потемкин С.В. Разработка россыпных месторождений / С.В. Потемкин. – М.: «Недра», 1995. – 471 с.
9. Собко Б.Е.
10. Нурок Г.А. Технология и проектирование гидромеханизации горных работ / Г.А. Нурок. – М.: «Недра», 1965.
11. Новожилов М.Г. Теория и практика открытой разработки горизонтальных месторождений / М.Г. Новожилов, В.С. Эскин, Г.Я. Корсунский. – М.: «Недра», 1978. – 328 с.
12. Рогатин Н.Н. Технология и механизация открытых горных работ. Учебник для вузов. - М., Недра, 1982. 277с

13. Пояснювальна записка до плану розвитку гірничих робіт Межирічного родовища кар'єру № 9, 2016.

14. Лобанов Н.Я. Организация, планирование и управление производством в горной промышленности / Н.Я. Лобанов, Ф.Г. Грачев, С.С. Лихтерман и др. – М.: «Недра», 1989. – 516 с.

15. Деревяшкин И.В. Параметры забоев драглайнов при разработке на транспорт / И.В. Деревяшкин, Л.Н. Кашпар // Неделя горняка-2007. – 2007. Сем № 16. – С 222-225.

16. Сдвижкова О.О. Элементы теории вероятностей та математичної статистики в гірництві: Навч. посібник. / О.О. Свижкова, О.В.Бугрим, Д.В. Бабець, О.С. Иванов – Д.: «НГУ», 2015. – 103 с.

17. Шорохов С.М. О нормах расхода напорной воді на гидравлических разработках / С.М. Шорохов, В.Ф. Хныкин – «Колыма». 1958. № 4

18. Кочергина А.В. Зависимость производительности гидромонитора и удельного расхода воды от класса пород, высоты забоя, напора воды и уклона плотика при разработке россыпей гидравлическим способом / А.В. Кочергина // Труды ЦНИГРИ. – 1960. – Вып. 36 - С. 20-31.

19. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи магістра із спеціальності 8.05030101 “Розробка родовищ та видобування корисних копалин” (спеціалізація “Відкриті гірничі роботи”) / Уклад.: І.Л. Гуменик, А.С. Лягутко, В.В. Панченко. – Д.: Національний гірничий університет, 2012. – 36 с.

20. Ялтанцев И.М. Проектирование открытых гидромеханизированных и дражных разработок месторождений/ И.М. Ялтанцев. – М.: «Московский государственный горный университет», 2003. – 760 с.

21. Поснювальна записка до плану розвитку гірничих робіт Юрської ділянки Межирічного родовища кар'єру № 9. смт. Іршанськ. 2016, 38 с.

ДОДАТКИ

Рецензія

Відгук наукового керівника
на дипломну роботу магістра ст.гр. 184 м 16-8
Гідерашко Владислава Анатолійовича на тему: “Визначення раціональних
параметрів технології і організації розробки розсипних родовищ”