

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

СКОРОБОГАТЬКО АНТОН СЕРГІЙОВИЧ

**Дослідження впливу гірничотехнічних та гідрогеологічних умов кар'єру
№3 ПАТ «АрселорМітал Кривий Ріг» на показники режимів буріння
технологічних свердловин**

184 Гірництво
(ОПП «Відкриті гірничі роботи»)

Випускна робота
на здобуття рівня вищої освіти «магістр»

Керівник Анатолій ПИЖИК /_____/

Завідувач кафедри Сергій ЖУКОВ /_____/

Кривий Ріг

2024 р.

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ.....	3
ВСТУП.....	5
1. ГІРНИЧОТЕХНІЧНІ УМОВИ КА'ЄРА №3 ТА ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ГІРНИЧИХ ПОРІД	7
1.1 Гірничо-геологічні і гірничотехнічні умови.....	9
1.2 Геологічна характеристика родовища.....	11
2. ГІДРОГЕОЛОГІЧНІ УМОВИ КАР'ЄРА №3.....	14
3. ТЕХНІЧНЕ ОЗБРОЄННЯ БУРОВОЇ ДІЛЬНИЦІ	17
4. АНАЛІЗ НАУКОВИХ ТА ПРАКТИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ФАКТОРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ПАРАМЕТРИ РЕЖИМУ ШАРОШЕЧНОГО БУРІННЯ.....	22
4.1 Огляд технології шарошечного буріння.....	22
4.2 Фактори, що впливають на параметри режиму буріння.....	27
4.3 Вплив гідрологічних умов на параметри буріння.....	36
ВИСНОВКИ	39
СПИСОК НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	40

РЕФЕРАТ

Скоробогатько А.С. Дослідження впливу гірничотехнічних та гідрогеологічних умов кар'єру №3 ПАТ «АрселорМітал Кривий Ріг» на показники режимів буріння технологічних свердловин. Випускна робота на здобуття другого (магістерського) рівня вищої освіти - Кривий Ріг: Криворізький національний університет, 2024 – 40с.

Загальна характеристика роботи. Структура кваліфікаційної роботи: вступ, в якому окреслена необхідність досліджуваного питання, основна частина, яка складається з чотирьох розділів та розкриває послідовність вивчення стану науки та практики з досліджуваного питання, висновки та списку використаних джерел. Загальний обсяг роботи складає 40 сторінок комп'ютерного тексту, в тому числі 3 таблиці, 21 рисунки, список використаних джерел – 7 найменувань.

Мета роботи полягає у дослідженні впливу гірничотехнічних та гідрогеологічних умов кар'єру №3 ПАТ «АрселорМітал Кривий Ріг» на показники режимів буріння технологічних свердловин.

Виходячи з мети дослідження сформульовано основні завдання дослідження:

- Виконати аналіз гірничотехнічних умов кар'єра №3
- Виконати аналіз гідрогеологічних умов кар'єра №3
- Дослідити технічне озброєння бурової дільниці
- Виконати аналіз наукових та практичних досліджень факторів, що впливають на параметри режимів шарошечного буріння

Об'єктом дослідження є вплив гірничих умов на показники буріння ПАТ «АрселорМітал Кривий Ріг» кар'єр №3.

Предметом дослідження є вплив гірничотехнічних та гідрогеологічних умов на показники режимів буріння технологічних свердловин.

Основними методами дослідження є: огляд, вивчення і аналіз діючих та запропонованих рекомендацій в області питання досліджень.

У **вступі** обґрунтована актуальність дослідження впливу гірничих умов на показники буріння.

Основна частина роботи складається з чотирьох частин. Перша частина присвячена огляду гірничотехнічним умовам кар'єру №3 та фізико-механічним властивостям відпрацьованих гірничих порід. Друга частина присвячена огляду гідрогеологічним умовам кар'єру №3. Третя частина присвячена огляду технічного озброєння бурової ділянки. Четверта частина присвячена аналізу наукових та практичних досліджень факторів, що впливають на параметри режиму шарошкового буріння.

У **загальних висновках та рекомендаціях** наведені основні результати досліджень, рекомендації відповідно технології формування технологічних свердловин в конкретних гірничих умовах та результуючі висновки по матеріалам роботи.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: буровий верстат, буріння, долото, шарошкове буріння, свердловина.

ВСТУП

Дослідження впливу гірничотехнічних та гідрогеологічних умов кар'єру на показники режимів буріння технологічних свердловин є важливим етапом у плануванні та виконанні бурових робіт. Ось кілька ключових аспектів, які варто врахувати:

1. Гірничотехнічні умови:

- Типи порід: Визначення механічних властивостей порід (міцність, твердість, тріщинуватість) вплине на вибір бурового інструменту і технології.
- Структура порід: Наявність складних геологічних структур (наприклад, зсуви, складки) може ускладнити буріння.
- Глибина залягання: Збільшення глибини може змінювати тиск і температуру, що вплине на режим буріння.

2. Гідрогеологічні умови:

- Рівень ґрунтових вод: Високий рівень води може призвести до затоплення свердловини, що вимагатиме додаткових заходів для відкачування води.
- Хімічний склад води: Наявність агресивних іонів може корозійно впливати на бурове обладнання.
- Фільтраційні властивості ґрунту: Вони можуть вплинути на швидкість просування бурового розчину та якість отриманих зразків.

3. Вплив на показники буріння:

- Швидкість буріння: Залежить від типу порід та їх властивостей. Тверді породи можуть значно знижувати швидкість.
- Споживання енергії: Різні умови вимагають різної потужності для буріння, що вплине на витрати.

- Знос інструментів: Агресивні умови можуть призводити до швидшого зносу бурових інструментів, що вплине на економічність процесу.

- Якість свердловини: Гідрогеологічні умови можуть призвести до проблем із стабільністю стінок свердловини та якістю отриманих даних.

4. Методи дослідження:

- Польові дослідження: Геолого-геофізичні обстеження, пробурювання контрольних свердловин.

- Лабораторні випробування: Визначення механічних і фізичних властивостей порід, аналіз якості води.

- Моделювання: Використання програмного забезпечення для прогнозування поведінки свердловини в різних умовах.

Комплексний підхід до дослідження гірничотехнічних та гідрогеологічних умов дозволяє оптимізувати процес буріння, зменшити ризики та витрати, а також підвищити безпеку робіт у кар'єрі. Рекомендується проводити регулярні моніторинги та адаптувати технології буріння в залежності від змін у геологічній ситуації.

1. ГІРНИЧОТЕХНІЧНІ УМОВИ КА'ЄРА №3 ТА ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ГІРНИЧИХ ПОРІД

Кар'єр №3 гірничого департаменту ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» побудований на базі запасів Валявкинського родовища залізистих кварцитів за комплексним проектом, розробленим в 1967 році на виробничу потужність в 22 млн т на рік з видобутку неокислених руд, яка була досягнута в 1977 році.



Рис. 1.1 – залізистий кварцит

Попутно добуті в кар'єрі окислені кварцити складуються у відокремлені відвали з метою їх використання в якості залізорудної сировини для подальшої переробки.



Рис.1.2 – окислений кварцит

Валявкинське родовище залізистих кварцитів розташоване в південній частині Криворізького залізорудного басейну. В адміністративному відношенні родовище відноситься до Інгулецького району м. Кривий Ріг.

Валявкинське родовище приурочено до рудоносної смуги долини р. Інгулець. Рельєф рівнинний з розгалуженою системою балок і ярів.

У зв'язку з діяльністю кар'єрів по відпрацюванню суглинків, багатих залізистих руд, залізистих кварцитів, а також з діяльністю розташованої недалеко шахти «Північна» ім. Валявко, рельєф району змінений. У межах родовища абсолютне перевищення над рівнем моря +100 м, а в районі відвалів +152,6 м. Мінімальна відмітка знаходиться біля р. Інгулець і становить +34 м.

Клімат району помірно-континентальний. Середньорічна температура становить +8,3 °С. Найбільш висока температура спостерігається в липні місяці, досягаючи +39,3 °С (1890 р.). Абсолютний мінімум -35,0 °С. Зима короткочасна, з частими відлигами. Починається вона з другої половини листопада і закінчується в середині березня. Зимовою температура повітря коливається від -5...-10 до -25...-27 °С, досягаючи мінімуму в лютому. Глибина промерзання ґрунту становить 0,8-1,0 м, сніговий покрив – 10-14 см. Тривалість безморозного періоду 175 днів. Рядовий річний показник відносної вологості повітря 72 % (максимум взимку – 82-88 %, мінімум влітку – 52-58 %).

Середньорічна кількість опадів становить 483 мм, максимальна – 540 мм. Середньорічна відносна вологість повітря становить 72 %, в зимовий період – 80-85 %, влітку зменшується до 50-60 %. Вітри в весняно-літній період переважають південно-західні, взимку і восени – східні і південно-західні, швидкість яких становить 5-7 м/с, рідко досягають 25 м/с.

Розвідана площа Валявкинського родовища становить 10,2 км² при довжині 6 км і ширині 1,7 км.

1.1 Гірничо-геологічні і гірничотехнічні умови

Гірничо-геологічні умови розробки визначаються особливостями геоморфології денної поверхні родовища, його геологічної будови, гідрогеологічних та інженерно-геологічних умов.

Валявкинське родовище розташоване на схилі правого берега р. Інгулець, де рельєф місцевості в цілому рівнинний із слабким ухилом на схід і південний схід. У межах родовища абсолютні позначки поверхні над рівнем моря складають в середньому +100 м.

Мінімальна відмітка поверхні знаходиться у р. Інгулець, що протікає в 2 500 м від кар'єру і становить +34 м. У зв'язку з веденням гірничих робіт, рельєф місцевості техногенний.

Площа родовища становить 4,79 км²

Територія родовища знаходиться у виробничій зоні Інгулецького району Кривого Рогу і відноситься до класу промислових земель.

Корисні копалини Валявкинського родовища приурочені до кристалічного фундаменту і представлені породами саксаганської світи криворізької серії. Основна корисна копалина Валявкинського родовища приурочена до верхньої залізородної підсвіти саксаганської світи і представлено магнетитовими різновидами кварцитів четвертого залізного горизонту, попутно видобуваються окислені кварцити і джеспіліти четвертого, п'ятого і шостого залізистих горизонтів.

З огляду на незначну потужність розкривних порід, глибину розробки корисних копалин та сприятливі гідрогеологічні умови, родовище відпрацьовується відкритим способом – кар'єром. Відповідно до проєкту прийнята транспортна система розробки з паралельним переміщенням фронту робіт і розміщенням розкривних порід і супутніх корисних копалин в зовнішні відвали.



Рис. 1.3 – ведення гірничих робіт на східному борті кар'єру гор.-120м

Станом на 01.01.2023 р. корисна копалина родовища розкрита кар'єром №3 до абсолютної позначки мінус 330 м або до глибини 420 м від поверхні.

Проектом залучаються підготовлені до промислової розробки запаси залізистих кварцитів до глибини 500 м (абсолютної позначки мінус 410 м). Порооди осадового чохла на родовищі відпрацьовані.

Верхня частина північно-східного борту кар'єру №3, в даний час знаходиться над підземними виробками шахт колишнього рудоуправління ім. Ілліча. Підземні гірничі роботи проводилися тут в період з 1935 по 1977 рр. шахтами №11 «Катеринівка», «Валявка- Скіпова» і «Північна ім. Валявко», якими розроблялися поклади природних багатих залізних руд на глибинах від 30 до 200 м. Відпрацьовані поклади були приурочені до двох синклінальних структур, розташовувалися в декількох пластах, мали різні форми, розміри і умови залягання. Поклади мали пласто- і лінзоподібні форми, кути падіння від горизонтального до вертикального, потужність від 1 до 20 м. Розробка покладів проводилася камерами і суцільно, в залежності від розмірів покладів. Між камерами залишалися нерудні цілики. Нерівномірність відпрацювання по площі і висоті покладів викликала локальні обвалення налягаючих порід і земної поверхні. У переважній більшості випадків утворення воронки на поверхні відбувалося слідом за відпрацюванням. Однак були випадки, коли процес обвалення тривав десятиліттями і воронки на поверхні утворювалися через 30 років після припинення відпрацювання.

1.2 Геологічна характеристика родовища

Валявкинське родовище розташоване на західному крилі Західно-Інгулецької синкліналі. Продуктивна товща представлена четвертим (неокислені руди), четвертим і шостим (окислені руди) залізистими горизонтами. Рудний поклад залягає моноклінально з падінням на схід під кутами 55-70°. Підстилаючими породами є породи четвертого сланцевого горизонту, перекриваючими – породи п'ятого сланцевого горизонту. Потужність осадових порід на родовищі до 80 м.



Рис 1.4 – східний борт кар'єру

З північного заходу товща четвертого залізного горизонту зрізається великим субмеридіональним розривним порушенням. У північній частині родовища проходить порушення надвігового типу, за яким породи четвертого і п'ятого сланцевих горизонтів насунені на продуктивну товщу. Рудне тіло інтенсивно зім'яте в лежачі і близькі до лежачих складки, що створює значні труднощі при експлуатації родовища.

Внутрішня будова продуктивної товщі неоднорідна за мінеральним складом, текстурними ознаками, якісною характеристикою, технологічними властивостям.

За мінеральним складом рудні тіла представлені силікат-магнетитовими, магнетитовими, гематит-магнетитовими і мартит-магнетитовими (напівокисленими) рудами.

Істина потужність рудного покладу коливається від 100 м на півдні до 440 м в центральній частині, зменшуючись до 19 м на півночі. Залягання рудного тіла моноклинальне зі східним падінням під кутом 50-70°.

У кар'єрі № 3 проводиться супутній видобуток окислених кварцитів четвертого і шостого залізистих горизонтів з окремим від скельних порід складуванням.

Окислені кварцити четвертого залізистого горизонту поширені по всій площі корисних копалин: у всячому боці четвертого залізистого горизонту і у контакту з породами шостого залізистого горизонту.

Максимальна глибина поширення окислених кварцитів четвертого залізистого горизонту 335 м. Істина потужність змінюється від 30-40 до 170 м. Перехід окислених кварцитів до неокислених поступовий, тому контакти між ними нечіткі і встановлюються за даними хімічного і геофізичного випробування.

Рудне тіло окислених руд шостого залізистого горизонту приурочене до ядра Західно-Інгулецької синкліналі. Загальна довжина його простягання – 2100 м, навхрест простягання від 55 до 980 м. Рудне тіло складено наступними мінеральними різновидами: мартитові, гематит-мартитові, гематитовими, лимонит-мартитові. Контакти між кондиційним і некондиційними кварцитами нечіткі, переходи поступові.

2. ГІДРОГЕОЛОГІЧНІ УМОВИ КАР'ЄРА №3

В межах Валявкинського родовища підземні води розвинені в неогенових відкладеннях і породах метаморфічного комплексу.

Перший від поверхні землі водоносний горизонт укладений в нижній частині лесовидних і алювіальних суглинків. Водопором йому служать червоно-бурі глини. Потужність горизонту 8,6-9,6 м, абсолютні позначки залягання від +72,1м до + 92,1 м. Горизонт поширений на площі всієї ділянки кар'єра. Фільтраційні властивості суглинків незначні. Коефіцієнт фільтрації коливається в межах 0,0067-0,11 м/доб.

Живлення горизонту відбувається за рахунок атмосферних опадів, тому режим водоносного горизонту схильний до сезонних коливань з амплітудою 0,7-3,15 м.

За хімічним складом вода товщі суглинків відноситься до хлоридно-сульфатно-натрієво-магнієвого і сульфатно-хлоридного-натрієво-магнієвого типу. Вода дуже жорстка (31-81 мг-екв/дм³) і відрізняється підвищеною мінералізацією (5,4-11,9 г/дм³).



Рис.2.1 – вид на гор.-330м

Водоносний горизонт неогенових відкладень приурочений до середньо-сарматським пісках. Нижнім водоупором йому служать червоно-бурі і місцями понтичні сірі глини. Верхнім водоупорами є червоно-бурі глини. Середня потужність горизонту 2,5 м. Коефіцієнт фільтрації змінюється в межах 0,046-1,07 м/доб. Живлення водоносного горизонту відбувається за рахунок атмосферних опадів. За хімічним складом води горизонту відносяться до сульфатно-хлоридно-натрієво-магнієвого типу з мінералізацією 3,9-7,99 г/дм³. Загальна жорсткість води становить 25,5-64 мг-екв/дм³.

Водоносні горизонти неогенових і четвертинних відкладень малопотужні, мають локальне поширення, слабонапорні і містять незначні запаси підземних вод. В даний час вони дреновані уступами діючих кар'єрів, однак, вони є основними акумуляторами атмосферних опадів.

Основним водоносним горизонтом родовища і основним джерелом кар'єрних вод є водоносний горизонт метаморфічного комплексу. У не порушеному режимі рівень підземних вод в гірських породах метаморфічного водоносного комплексу родовища знаходився на відмітках від +30 м до + 40 м. За типом підземних вод цей горизонт відноситься до тріщино-пластового типу, з гідравлічними властивостями – до безнапірного.

Поширення цього водоносного горизонту по вертикалі обмежується глибиною розвитку тріщинуватих кристалічних порід. Водоносність і фільтраційні властивості порід досить анізотропні по простяганню і в хрест простягання.



Рис.2.2 – вид на гор.-330м

Коефіцієнт фільтрації тріщинуватих порід Валявкинського родовища коливається від 0,0003 до 0,076 м/добу. За хімічним складом води горизонту відносяться до хлоридно-сульфатно і хлоридно-натрієво-магнієвому типам. Мінералізація підземних вод коливається від 2 до 7-8 г/дм³.

Фактичні середньорічні притоки кар'єрних вод в кар'єр № 3 з урахуванням атмосферних і інших техногенних джерел за останні п'ять років в середньому склали 351,5 м³/год.

3. ТЕХНІЧНЕ ОЗБРОЄННЯ БУРОВОЇ ДІЛЬНИЦІ

Бурова дільниця кар'єру №3 має в своєму складі декілька моделей бурових верстатів, а саме Atlas Copco Pit-Viper 275 в кількості 4 одиниці, DM 75 D в кількості 1 одиниця та DM 75 E в кількості 1 одиниця.

Atlas Copco Pit-Viper 275

Таблиця 3.1 - Технічні характеристики Atlas Copco Pit-Viper 275

Загальна маса, т	80
Крутний момент, кНм при частоті оберту, об/хв	8794/150
Макс. Діаметр свердловин, мм	250-270
Макс. Глибина свердловин, м	60
Навантаження на долото, кг	34020
Частота обертання, об/хв	150
Потужність двигуна CAT C32, л.с. (кВт)	950 (699)
Потужність двигуна CAT C27, л.с. (кВт)	800 (588)
Потужність двигуна Cummins QSK19, л.с. (кВт)	755 (555)
Швидкість подачі/підйому, м/хв	24,1/48,2
Компресор: продуктивність, м ³ /хв /тиск, бар	41,1/24,1
Зусилля подачі, кН	340
Зусилля підйому, кН	136



Рис. 3.1 – Буровий верстат Pit-Viper 275

DM 75 D

Таблиця 3.2 - Технічні характеристики DM 75 D

Загальна маса, т	85
Крутний момент, кНм при частоті оберт, об/хв	11 800/200

Макс. Діаметр свердловин, мм	250-270
Макс. Глибина свердловин, м	51,2
Навантаження на долото, кг	34 000
Частота обертання, об/хв	200
Потужність двигуна CAT C27, л.с. (кВт)	800 (597)
Потужність двигуна Cummins QSK19, л.с. (кВт)	755 (563)
Швидкість подачі/підйому, м/хв	26,9/51,5
Компресор: продуктивність, м ³ /хв / тиск, бар	53,8/7,6
Зусилля подачі, кН	340
Зусилля підйому, кН	136



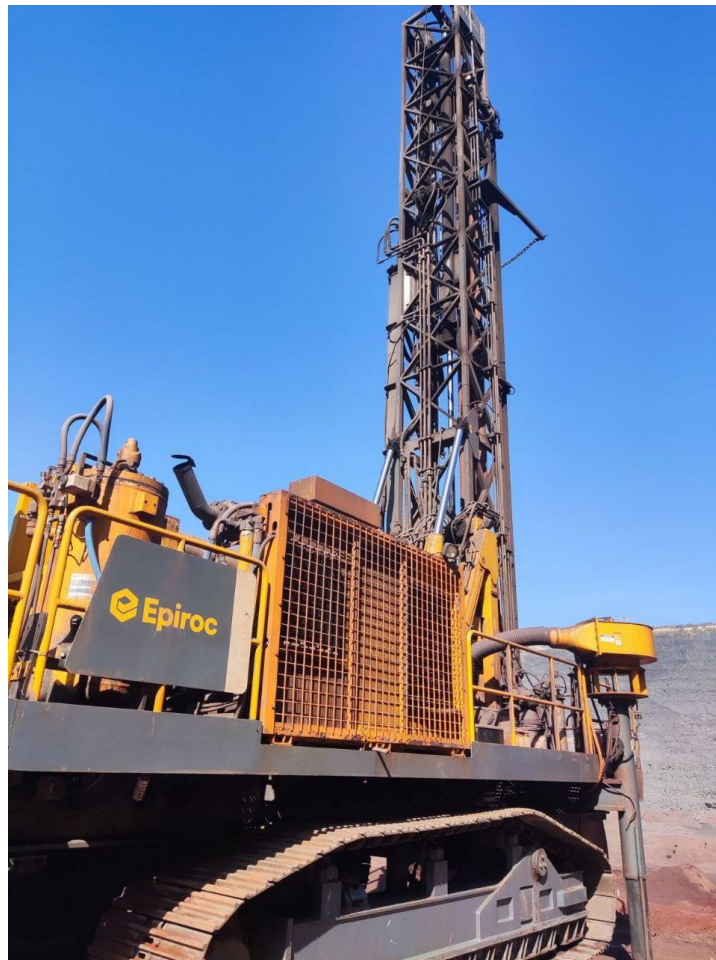


Рис. 3.2. – Буровий верстат DM 75 D

DM 75 E

Таблиця 3.3 - Технічні характеристики DM 75 E

Загальна маса, т	85
Крутний момент, кНм при частоті оберту, об/хв	11 800/200
Макс. Діаметр свердловин, мм	250-270
Макс. Глибина свердловин, м	51,2
Навантаження на долото, кг	34 000
Частота обертання, об/хв	200
Потужність двигуна TЕС/WEG, л.с. (кВт)	700 (522)
Довжина кабелю, м	350
Швидкість подачі/підйому, м/хв	26,9/51,5
Компресор: продуктивність, м ³ /хв /тиск, бар	51/7,6
Зусилля подачі, кН	340



Рис. 3.3. – Буровий верстат DM 75 E

4. АНАЛІЗ НАУКОВИХ ТА ПРАКТИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ФАКТОРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ПАРАМЕТРИ РЕЖИМУ ШАРОШЕЧНОГО БУРІННЯ

4.1 Огляд технології шарошечного буріння

Шарошечне буріння є однією з основних технологій, що використовується в нафтовидобувній, газовій і гірничодобувній промисловості для буріння свердловин у твердих і складних породах. Ця технологія дозволяє знижувати час на проходження порід, підвищуючи загальну ефективність процесу буріння. У сучасних умовах, коли зростає попит на енергоносії, особливо на нафту та природний газ, ефективне буріння є важливим завданням для компаній, що займаються розробкою нових родовищ.

З історичної точки зору, шарошечне буріння пройшло значний шлях розвитку, починаючи з простих механічних систем і закінчуючи сучасними технологіями, які включають автоматизацію процесів і використання комп'ютерних систем для контролю параметрів буріння в режимі реального часу. З розвитком техніки з'явилися нові конструкції шарошечних долот, що дозволяють підвищувати швидкість проходки навіть у складних геологічних умовах.

Актуальність теми зумовлена тим, що фактори, які впливають на параметри режиму буріння, мають суттєве значення для ефективності бурових робіт. Неправильний підбір режиму роботи шарошечного долота може призвести до фінансових втрат через зниження швидкості буріння, надмірний знос обладнання або його пошкодження. Тому аналіз наукових і практичних досліджень у цій галузі є важливим для вдосконалення бурового процесу.

Шарошечне буріння є однією з найефективніших технологій для проходки свердловин у твердих і абразивних породах. Використання

спеціальних долот із шарошками дозволяє руйнувати породу за рахунок комбінованого впливу осевого тиску та обертання долота.

Шарошечне долото є основним інструментом для проходки свердловин у складних геологічних умовах, таких як тверді та середньо-тверді породи. Принцип роботи цього долота базується на обертанні шарошок, які контактують із поверхнею породи та поступово руйнують її шляхом стирання та дроблення. Кожна шарошка оснащена твердосплавними вставками або зубцями, які проникають у породу під дією осевого навантаження та обертання.

Під час буріння долото піддається значним механічним навантаженням, тому основними завданнями шарошечної системи є рівномірний розподіл цих навантажень між шарошками та мінімізація зносу інструменту. За рахунок осевого тиску шарошки руйнують породу як ударними, так і стираючими діями. Обертання долота забезпечується роторною системою бурової установки або турбобуром, що передає крутний момент на долото через бурильні труби.

Основними факторами, що впливають на ефективність роботи шарошечного долота, є тиск на долото (чим більший тиск, тим глибше проникають твердосплавні вставки в породу); швидкість обертання. (оптимальна швидкість обертання забезпечує ефективне руйнування породи, мінімізуючи знос долота); характеристики породи (твердість і абразивність породи впливають на вибір типу шарошечного долота та його параметрів).

Шарошечні долота класифікуються за кількістю шарошок, типом вставок і призначенням для різних типів порід. Сучасні долота можуть бути дво-, три- та чотиришарошечними, кожен тип має свої переваги в залежності від умов буріння.

Дво-шарошечні долота використовуються рідше через меншу стійкість до навантажень, але можуть бути корисними в спеціалізованих умовах буріння.

Трьохшарошечні долота є найпоширенішими завдяки оптимальному розподілу навантаження між трьома шарошками, що забезпечує рівномірний знос і стабільну роботу.

Твердосплавні вставки з карбіду вольфраму використовуються для буріння твердих порід завдяки їх високій зносостійкості та міцності. Зубці зі сталі призначені для м'яких і середньо-твердих порід, забезпечуючи швидке проходження, проте вони менш стійкі до абразивного зносу.

Для буріння у вкрай твердих породах використовуються долота з додатковим покриттям із поліоксидної кераміки або з підвищеною стійкістю до зносу. Існують також долота, призначені для роботи в умовах високих температур або агресивних середовищ (наприклад, для буріння в кислотних середовищах).

Конструкція шарошечного долота складається з кількох основних компонентів, кожен з яких виконує свою роль у процесі буріння.

Корпус долота є головним несучим елементом, виготовленим із високоміцної сталі, що забезпечує міцність і довговічність інструменту. Корпус з'єднується з бурильною колоною через різьбове з'єднання і передає навантаження на шарошки.

Шарошки – це обертові елементи, які взаємодіють із породою. Шарошки можуть бути різної форми (конусоподібні, сферичні), на них розташовані твердосплавні вставки або зубці. Важливими параметрами є розмір і кут нахилу шарошок, оскільки вони впливають на характер руйнування породи.



Рисунок 4.1 – Дво-шарошечне долото

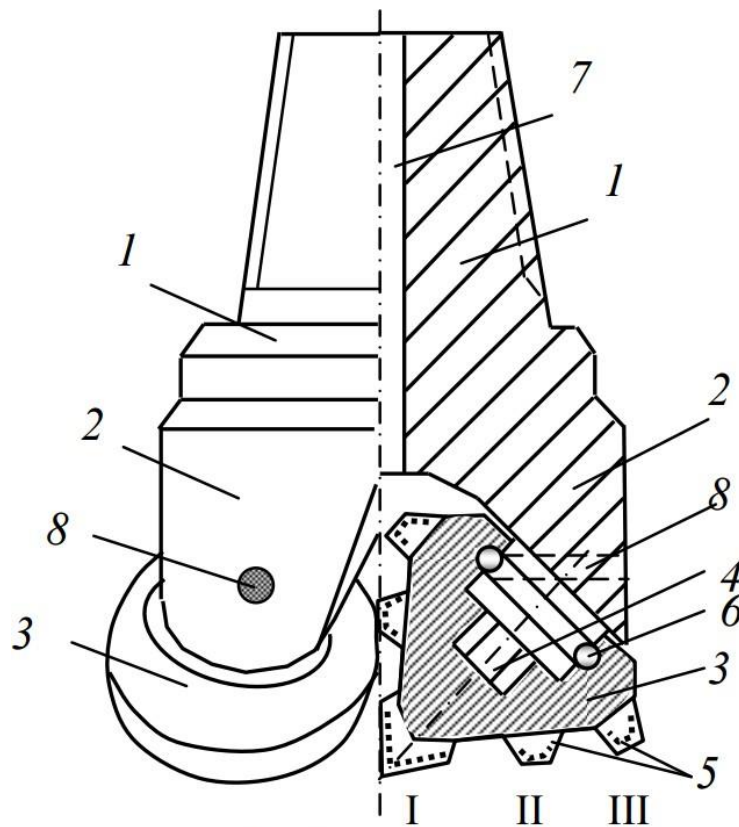


Рисунок 4.2 – Схема трьохшарошечного долота

1 – корпус з різьбою, 2 – лапи, 3 – шарошок, 4 – цапфи, 5 – армовані зуби, 6 – підшипники, 7 – канал подачі бурового розплаву, 8 – канал доставки замкового підшипника

Твердосплавні вставки (зубці) на поверхні шарошок виготовляються з карбиду вольфраму або інших твердих матеріалів. Ці елементи забезпечують контакт із породою, переносять основне навантаження і відповідають за процес руйнування породи.

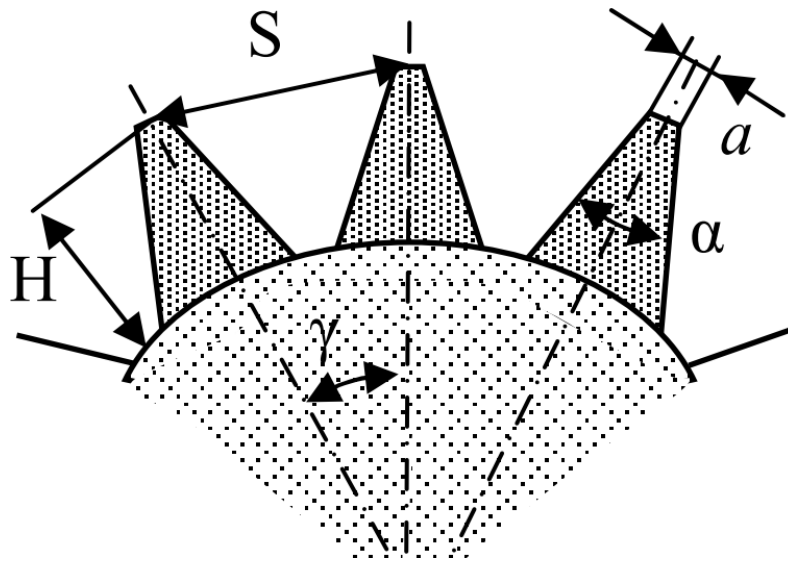


Рисунок 4.3 – Конструктивні елементи зубів шарошок

Під час роботи шарошечного долота виникає нагрівання через тертя, тому важливо забезпечити охолодження та змащення для продовження терміну служби інструменту. Зазвичай застосовується система внутрішньої циркуляції промивної рідини, яка охолоджує долото та змиває уламки породи. Підшипники забезпечують обертання шарошок під навантаженням.

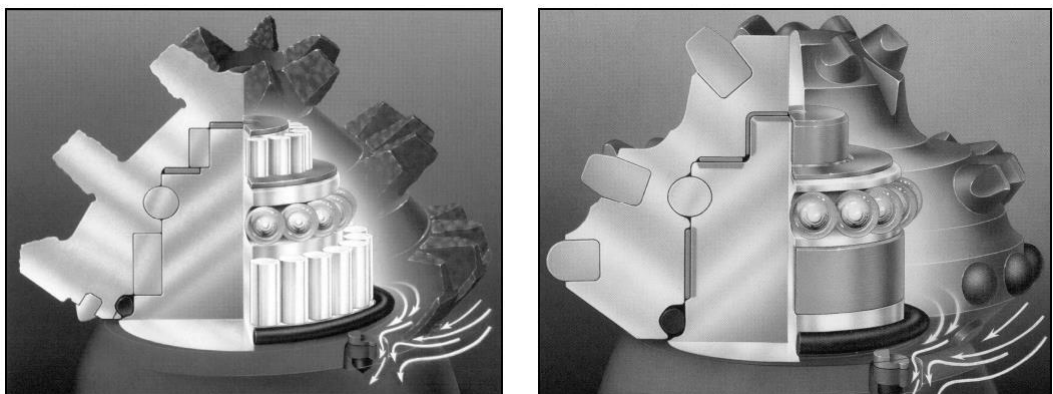


Рисунок 4.4 – Підшипникові вузли

Підшипники мають бути міцними, зносостійкими і стійкими до високих температур. Шарошечне буріння є складним і багатоетапним процесом, де

кожен елемент конструкції долота має важливе значення для ефективності буріння. Знання конструктивних особливостей і принципів роботи долота дозволяє підбирати оптимальні режими роботи залежно від типу породи та інших умов буріння.

4.2 Фактори, що впливають на параметри режиму буріння

Процес буріння свердловин є складним і багатограним, і його ефективність значною мірою визначається різними факторами. Основними з цих факторів є геологічні, механічні та технологічні.

Геологічні фактори охоплюють властивості порід, через які проходить буріння, і мають значний вплив на параметри процесу. До основних аспектів належать твердість породи, геологічна складність та глибина буріння.

Твердість породи визначається за шкалою Мооса, яка має 10 рівнів — від 1 (тальк) до 10 (діамант). Ця шкала допомагає буровим компаніям оцінити, які інструменти і техніки слід використовувати для конкретного типу породи. Вимірювання твердості здійснюється за допомогою спеціальних інструментів, таких як шкала Куала або динамометричні методи.

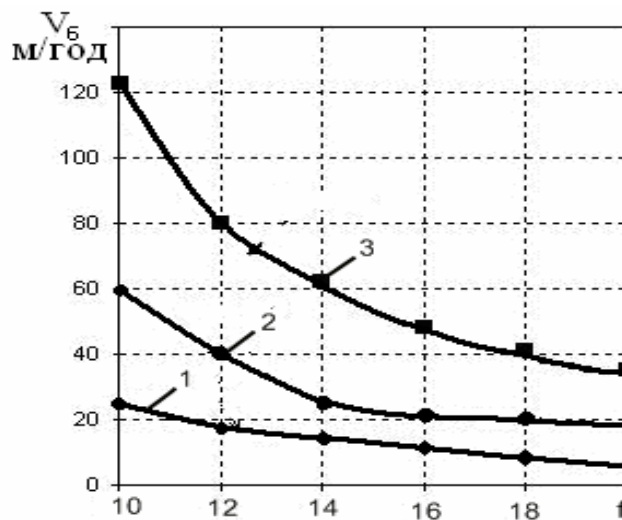


Рисунок 4.5 – Залежність механічної швидкості буріння від міцності гірської породи: 1- СБУ-125; 2 – СБШ-250; 3 – “Atlas Copco” ROC-L8

Вплив твердості на буріння полягає в тому, що тверді породи

вимагають більшого осьового навантаження та зниження швидкості обертання долота, щоб уникнути перевантаження і зносу. У м'яких породах, навпаки, дозволяється підвищена швидкість обертання, що зменшує час буріння (рис. 4.5).

Приклади буріння на нафтових родовищах у Західному Сибіру демонструють, як використання долот з твердосплавними вставками дозволяє ефективно подолати тверді пісковики і граніти на глибинах до 3000 метрів.

Геологічна складність включає наявність шаруватих структур, тріщин та пористості порід. Шаруваті структури можуть ускладнити буріння, оскільки наявність шарів з різною твердістю змінює швидкість проходки. Тріщини в породах можуть призвести до ризику заклинювання долота, а також вплинути на циркуляцію бурового розчину. При бурінні через тріщинуваті породи необхідно підвищувати пильність, оскільки тріщини можуть суттєво ускладнити стабільність свердловини. Наприклад, на родовищі в Південному Казахстані проблеми заклинювання долота виникали через наявність великої кількості тріщин у вапняках, що затримувало процес буріння.

Глибина буріння безпосередньо впливає на складність проходки. З поглибленням зростає тиск на долото, що може вимагати збільшення осьового навантаження. При глибокому бурінні також змінюються температура та склад бурового розчину, що може потребувати використання спеціальних мастильних матеріалів для зменшення тертя. У проектах буріння глибоких свердловин у Мексиканській затоці була розроблена система контролю температури, що знизила витрати на заміну долот завдяки оптимізації умов буріння.

Механічні фактори є важливими для процесу буріння. Основними з них є тиск на долото, швидкість обертання та подача промивної рідини. Ефективність руйнування масиву гірських порід шарошковым долотом визначається енергією, що передається породі при кожному ударі зуба (штиря) шарошки. Робота удару зуба залежить від потенційної можливості його перекочування по поверхні породи. Потужність обертача визначається за

виразом:

$$N_{\omega} = M \cdot \omega$$

де M - обертальний момент на обертачі, Н·м (рис. 4.6); ω - кутова швидкість обертача, рад/с.

Для різних типів приводів ця залежність наведена на рис. 4.7.

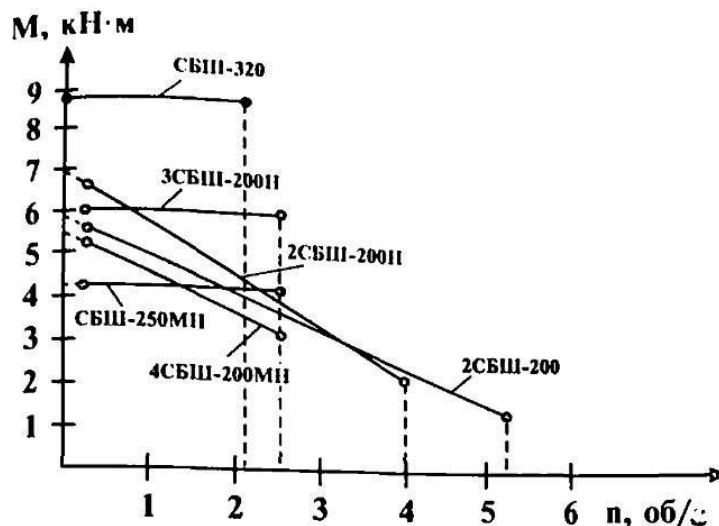


Рис. 4.6 – Залежність крутного моменту від частоти обертання бурового Інструменту

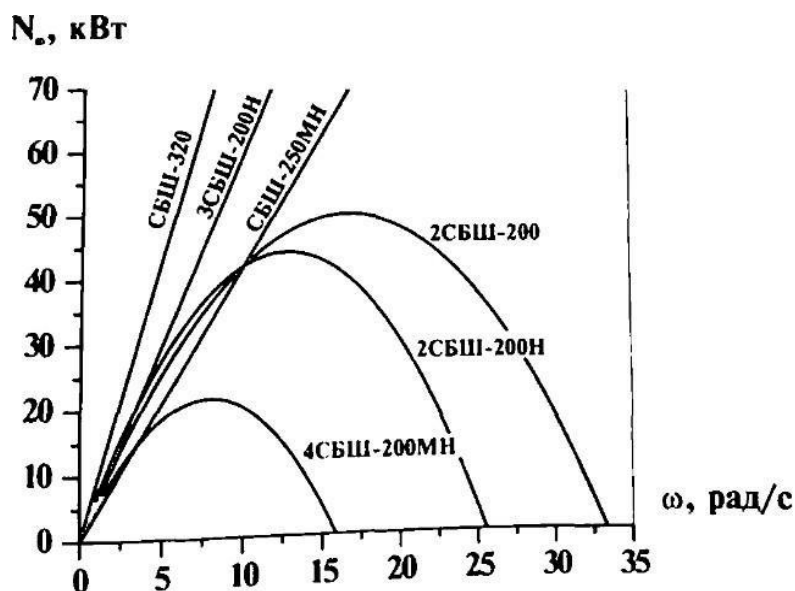


Рис 4.7 – Залежність потужності на валу від кутової швидкості обертача

Осьове навантаження, що діє на долото, є критично важливим параметром, який впливає на ефективність руйнування породи. Тиск на

долото вимірюється за допомогою спеціальних датчиків, встановлених на буровій установці. Аналізуючи криві 1-11, наведені на рис. 4.8, можна зробити висновок, що механічна швидкість буріння відображає конструктивні можливості верстата, ніж гірничо-технологічні властивості бурим порід.

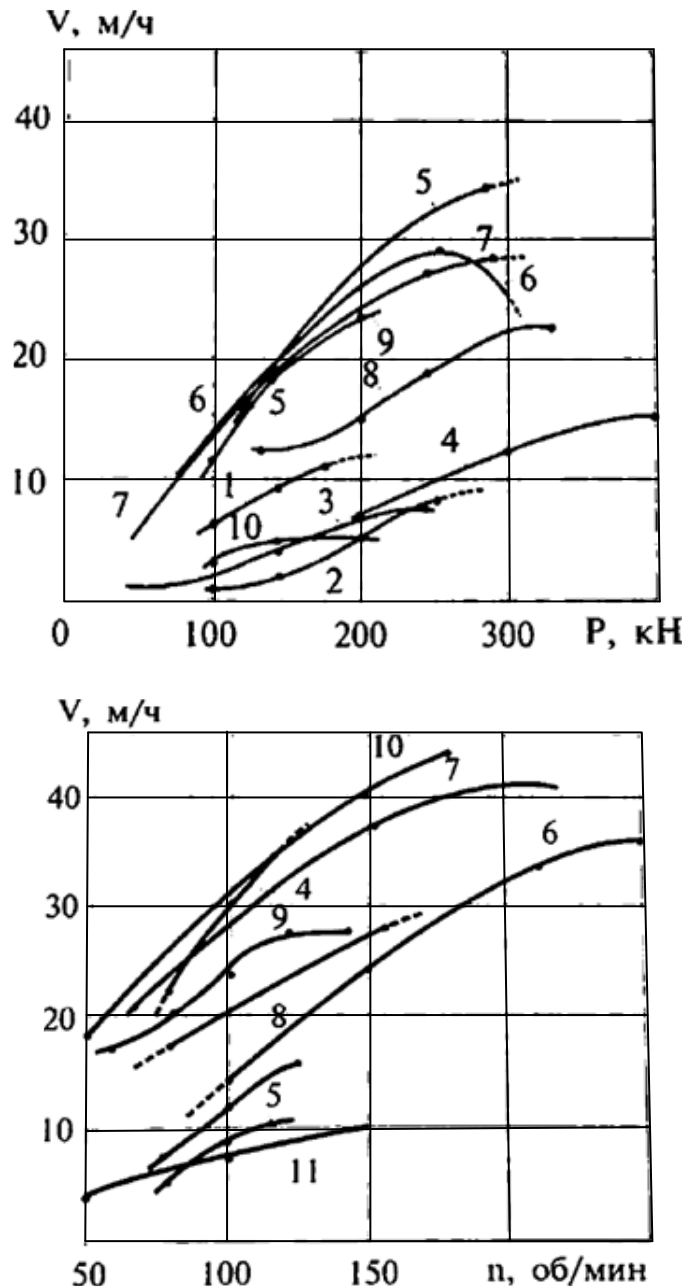


Рисунок 4.8 – Залежність швидкості шарошкового буріння в різних породах від величини осьового зусилля (а) і частоти обертання долота (б).

Залежно від твердості породи, оптимальний тиск може варіюватися: у твердих породах цей показник досягає 20-30 тонн, тоді як у м'яких достатньо

5-15 тонн. Надмірне навантаження може призвести до зносу інструменту, тоді як недостатнє зменшує швидкість проходки.

Експерименти, проведені під час буріння глибоких свердловин на газових родовищах у Північному морі, показали, що оптимальне навантаження на долото дозволяє зменшити знос на 25%.

Швидкість обертання долота також впливає на ефективність процесу і знос інструменту. Збільшення швидкості в м'яких породах може призвести до підвищення швидкості проходки, але це може також викликати знос долота. У твердих породах швидкість обертання слід знижувати, щоб уникнути перегріву.

Промивна рідина є важливою для охолодження долота, видалення шламу та стабілізації свердловини. Правильна подача промивної рідини знижує температуру долота, запобігаючи його зносу, і забезпечує підтримання тиску, що є важливим для уникнення обвалів стінок свердловини. Дослідження, проведені в арктичних умовах, встановили, що використання холодних промивних рідин допомогло знизити температуру долота на 15%, що позитивно вплинуло на зносостійкість інструменту.

Технологічні фактори охоплюють вибір типу долота та сучасні технології, що використовуються для моніторингу режимів буріння. Вибір типу шарошок є важливим аспектом, оскільки різні типи долот призначені для буріння в різних геологічних умовах. Долота з твердосплавними вставками використовуються для твердих порід, тоді як зубчасті долота – для м'яких.

У проекті буріння на родовищі в Каспійському морі комбіновані долота, що дозволяють працювати з різними типами порід, значно підвищили ефективність буріння. Сучасні автоматизовані системи моніторингу дозволяють контролювати параметри буріння в режимі реального часу. Такі системи забезпечують збір даних про тиск, швидкість обертання та знос долота, що дозволяє оперативно реагувати на зміни умов буріння.

У північноморській буровій кампанії впровадження автоматизованої системи контролю знизило витрати на обслуговування долот на 30% завдяки своєчасному регулюванню режимів.

Наукові дослідження та експерименти в сфері шарошечного буріння є важливими елементами для вдосконалення технологій і підвищення ефективності буріння. У цій галузі існує значний обсяг наукових досліджень, які висвітлюють різноманітні аспекти процесу.

Одним із напрямків є вивчення залежності швидкості проходки від різних режимів роботи долота. Встановлено, що оптимальні параметри буріння, такі як тиск і швидкість обертання, можуть суттєво змінюватися в залежності від геологічних умов. Експерименти показали, що застосування специфічних комбінацій цих параметрів дозволяє досягти значного зростання швидкості проходки — до 30% у порівнянні зі стандартними методами.

Проведено комплексні випробування нових твердосплавних вставок, які демонструють підвищену зносостійкість в умовах твердих порід. Наприклад, у процесі глибокого буріння на нафтових родовищах в Арабських Еміратах нові вставки зменшили знос долота на 25%, що призвело до зниження витрат на обслуговування обладнання.

Згідно з дослідженнями, різні типи промивних рідин впливають на ефективність буріння, стабільність свердловини та знос долота. Виявлено, що в'язкість і хімічний склад промивної рідини можуть змінювати швидкість проходки на 20-30%. Використання полімерних розчинів дозволило зменшити кількість шламу та підвищити стабільність стінок свердловини. Правильне поєднання цих факторів сприяє підвищенню ефективності буріння на 15-20%.

Ці дослідження свідчать про активну роботу наукової спільноти над вивченням впливу різних факторів на ефективність буріння, що має практичне значення для вдосконалення технологій.

Практичні експерименти на бурових установках у польових умовах є критично важливими для перевірки теоретичних знань та адаптації

технологій до реальних умов. На буровій установці в Західному Сибіру було проведено експеримент, у якому тиск на долото змінювався від 10 до 25 тонн. Результати виявили, що швидкість буріння збільшилася з 30 до 50 метрів на годину, що пов'язано з покращенням умов буріння при оптимальному тиску.

У польових умовах на родовищах в Україні було встановлено, що збільшення швидкості обертання з 80 до 120 об/хв призвело до збільшення зносу долота на 30%. Це підкреслює важливість вибору оптимальної швидкості в залежності від геологічних умов.

В одній з бурових кампаній у Казахстані було проведено експеримент із автоматизованими системами контролю, які дозволили оптимізувати параметри буріння в реальному часі. Дані показали, що завдяки цій системі вдалося знизити витрати на 15%, підвищуючи загальну продуктивність буріння. Цей досвід підтверджує ефективність використання автоматизації в процесі буріння.

Експеримент із зміною типу промивної рідини в умовах буріння на родовищах у Чорному морі показав, що перехід на полімерні розчини підвищив стабільність свердловини і зменшив швидкість зносу долота на 20%. Це свідчить про важливість вибору промивної рідини в залежності від геологічних умов.

Ці експерименти підтверджують важливість практичного підходу в наукових дослідженнях, оскільки реальні дані можуть суттєво відрізнятися від теоретичних оцінок.

Сучасні технології у сфері буріння постійно розвиваються, що дозволяє оптимізувати процеси, зменшити витрати та підвищити ефективність. Використання комп'ютерного моделювання дозволяє передбачити поведінку долота в складних умовах, враховуючи різноманітні фактори, такі як тип породи, тиск, швидкість обертання та інші параметри. Це дає можливість заздалегідь прогнозувати можливі проблеми під час буріння і адаптувати стратегію.

Впровадження систем моніторингу в реальному часі, які аналізують дані з бурових установок, забезпечує оперативне управління параметрами буріння. Такі системи здатні автоматично регулювати тиск і швидкість обертання в залежності від змін у геологічних умовах, що знижує ризики і підвищує ефективність.

Останні дослідження підтвердили, що нові матеріали, такі як високоміцні сплави і композити, значно підвищують зносостійкість долот. Випробування нових твердосплавних вставок показали покращення показників на 30% у порівнянні з традиційними матеріалами, що дозволяє знижувати витрати на обслуговування та заміну інструменту.

Наразі спостерігаються досягнення в розробці нових долот з адаптивними технологіями, які можуть змінювати свою геометрію залежно від умов. Ці долота забезпечують підвищену ефективність в умовах різного типу порід і зменшують ризик заклинювання.

Аналіз параметрів режиму буріння є критично важливим для оптимізації процесу, зменшення витрат і підвищення ефективності. Взаємозв'язок між тиском на долото, швидкістю обертання та характеристиками породи є ключовим аспектом для досягнення ефективного буріння. Розуміння цих взаємозв'язків дозволяє буровим інженерам оптимізувати параметри буріння, скорочуючи час проходки та підвищуючи продуктивність.

Тиск, що здійснюється на долото, є критичним для ефективності буріння. Недостатній тиск може призвести до низької швидкості проходки, оскільки долото не зможе ефективно руйнувати породу. Однак занадто високий тиск може викликати знос долота та збільшення витрат на його обслуговування. Швидкість обертання долота також має значний вплив на ефективність буріння. В залежності від типу породи, різні швидкості обертання можуть забезпечувати оптимальні умови. Наприклад, для м'яких порід можуть бути рекомендовані високі швидкості обертання, тоді як для твердих — більш помірні.

Властивості породи, такі як твердість, вологість, тріщинуватість і пористість, безпосередньо впливають на вибір параметрів буріння. У випадку свердловин, що проходять через вапняк, було виявлено, що тиск на долото в діапазоні 20-25 тонн забезпечує оптимальні результати проходки. В той же час для глинистих порід ефективний тиск може бути значно нижчим.

Ефективність шарошечного буріння є результатом взаємодії численних факторів, які можуть суттєво впливати на швидкість проходки, знос долота та загальні витрати на буріння. На основі проведеного аналізу наукових і практичних досліджень можна виокремити кілька ключових факторів, що визначають успішність бурових операцій, а також надати практичні рекомендації для їх оптимізації.

Важливо встановити оптимальний рівень тиску на долото в залежності від типу породи. Для м'яких порід (наприклад, глин) рекомендовано підтримувати тиск у межах 10-15 тон, тоді як для твердих порід (наприклад, граніту) цей показник може досягати 25-30 тон. Рекомендована швидкість обертання також варіюється: для м'яких порід доцільно використовувати вищі швидкості (80-110 об/хв), тоді як для твердих порід ефективними будуть помірні швидкості (50-70 об/хв), що допомагає знизити знос долота і запобігти його пошкодженню.

Вибір промивної рідини має велике значення для підтримки стабільності свердловини та зменшення зносу долота. Використання полімерних розчинів в умовах високої вологості та тріщинуватості може суттєво підвищити ефективність буріння.

Інтеграція автоматизованих систем моніторингу в бурові процеси дозволяє отримувати дані в реальному часі та коригувати параметри буріння, що значно зменшує ризики і підвищує продуктивність. Наприклад, системи, які автоматично регулюють тиск і швидкість обертання, можуть забезпечити оптимальні умови для буріння.

Застосування комп'ютерного моделювання для прогнозування поведінки долота в залежності від геологічних умов дозволяє заздалегідь

ідентифікувати проблеми та налаштувати стратегію буріння, що веде до зменшення витрат і підвищення ефективності.

Постійні наукові дослідження, що аналізують вплив різних параметрів на ефективність буріння, є необхідними для вдосконалення технологій. Проведення експериментів на реальних бурових установках дозволяє отримати дані, які можуть бути використані для оптимізації процесів буріння.

4.3 Вплив гідрогеологічних умов на параметри буріння

Шарошкове буріння є одним із найбільш поширених та ефективних методів проходки свердловин у гірничодобувній промисловості. Однак ефективність цього методу значною мірою залежить від гідрогеологічних умов, які можуть суттєво впливати на процес буріння, його швидкість, якість та безпеку проведення робіт. Гідрогеологічні умови визначаються наявністю підземних вод, їх тиском, хімічним складом та характером взаємодії з гірськими породами. Основний вплив води на процес шарошкового буріння проявляється через зміну фізико-механічних властивостей гірських порід. При насиченні водою більшість порід значно знижує свою міцність, що може як полегшувати процес буріння, так і створювати додаткові проблеми. Зокрема, при водонасиченні породи можуть набухати, що призводить до звуження діаметра свердловини та створює ризик прихоплення бурового інструменту. Піщані породи, навпаки, можуть розмиватися, що призводить до обвалів стінок свердловини та утворення каверн.

Пластовий тиск підземних вод є одним із ключових факторів, що впливають на процес буріння. При перевищенні гідростатичного тиску промивальної рідини над пластовим тиском можливе поглинання промивальної рідини пластом, що призводить до втрати циркуляції та може викликати аварійні ситуації. У протилежному випадку, коли пластовий тиск перевищує тиск промивальної рідини, виникає ризик водопроявів та відкритих фонтанів, що становить серйозну загрозу для безпеки робіт. Особливу увагу при шарошковому бурінні в складних гідрогеологічних

умовах слід приділяти вибору та підтриманню оптимальних параметрів промивальної рідини. Промивальна рідина повинна забезпечувати ефективне охолодження долота, винос шламу, підтримання необхідного протитиску на пласт та стабільність стінок свердловини. В умовах високої водонасиченості порід важливо контролювати такі параметри промивальної рідини як густина, в'язкість, водовіддача та вміст твердої фази.

При бурінні в зонах підвищеної тріщинуватості та карстових порожнинах часто виникають проблеми з поглинанням промивальної рідини. Для боротьби з поглинаннями застосовуються різні методи, включаючи використання кольматантів, спеціальних тампонажних сумішей та регулювання режимів буріння. У деяких випадках може бути необхідним перехід на буріння з продувкою повітрям або використання аерованих промивальних рідин. Значний вплив на ефективність шарошкового буріння має також хімічний склад підземних вод. Агресивні води можуть викликати корозію бурового обладнання та інструменту, що знижує їх довговічність та надійність. Крім того, хімічна взаємодія пластових вод з промивальною рідиною може призводити до зміни її властивостей та знижувати ефективність буріння. Для запобігання цим проблемам необхідно використовувати відповідні інгібітори та спеціальні добавки до промивальної рідини. Особливу увагу при бурінні в складних гідрогеологічних умовах слід приділяти вибору оптимальних режимів буріння. Осьове навантаження на долото, частота обертання та витрата промивальної рідини повинні встановлюватися з урахуванням конкретних гідрогеологічних умов. При цьому важливо забезпечити ефективне руйнування породи при збереженні стабільності стінок свердловини та уникненні ускладнень.

Для успішного проведення бурових робіт в складних гідрогеологічних умовах необхідна наявність надійної системи моніторингу та контролю параметрів буріння. Це включає контроль гідростатичного тиску, витрат промивальної рідини, механічної швидкості буріння та стану стовбура свердловини. Своєчасне виявлення відхилень від нормального режиму

буріння дозволяє оперативно вживати необхідних заходів для запобігання ускладненням та аваріям. Важливим фактором забезпечення ефективності шарошкового буріння в складних гідрогеологічних умовах є правильний підбір бурового обладнання та інструменту. Шарошкові долота повинні відповідати конкретним умовам буріння за конструкцією, типом озброєння та промивальної системи. При цьому необхідно враховувати можливість зміни фізико-механічних властивостей порід при їх водонасиченні. Для підвищення ефективності шарошкового буріння в складних гідрогеологічних умовах важливе значення має також кваліфікація бурової бригади та наявність чітких інструкцій щодо дій у різних ситуаціях. Персонал повинен бути навчений методам розпізнавання та запобігання можливим ускладненням, пов'язаним з впливом гідрогеологічних факторів.

Таким чином, вплив гідрогеологічних умов на шарошкове буріння є багатофакторним та може суттєво впливати на ефективність бурових робіт. Успішне проведення буріння в складних гідрогеологічних умовах вимагає комплексного підходу, що включає детальне вивчення умов буріння, правильний підбір обладнання та технології, постійний моніторинг параметрів процесу та готовність до оперативного реагування на можливі ускладнення. При цьому особливу увагу слід приділяти підтриманню оптимальних параметрів промивальної рідини та режимів буріння, а також забезпеченню надійного контролю за процесом буріння.

ВИСНОВКИ

Підсумовуючи усе вище вказане можна зробити висновки, фактори, що впливають на параметри режиму буріння, мають значний вплив на ефективність і безпеку процесу. Розуміння геологічних, механічних та технологічних аспектів дозволяє буровим компаніям оптимізувати свою діяльність, зменшувати витрати та підвищувати продуктивність буріння. Успішне застосування цих знань у практиці може призвести до підвищення ефективності видобутку корисних копалин.

Наукові дослідження та практичні експерименти є невід'ємною частиною розвитку технологій шарошечного буріння. Вивчення впливу різних факторів, реалізація практичних експериментів та впровадження нових технологій допомагають оптимізувати процес буріння, підвищити його ефективність і знизити витрати. У результаті таких зусиль досягається більш висока продуктивність і безпечність бурових робіт. Розвиток нових технологій у цій сфері не лише підвищує конкурентоспроможність компаній, але й забезпечує ефективне використання природних ресурсів.

Підвищення ефективності шарошечного буріння залежить від комплексного підходу до аналізу параметрів буріння, врахування геологічних умов, а також впровадження сучасних технологій. Використання оптимальних режимів роботи, новітніх технологій контролю і моніторингу, а також регулярні дослідження в цій сфері є важливими кроками для досягнення успіху в бурових операціях.

СПИСОК НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Буріння свердловин: навч. посіб. / Є.А. Коровяка, В.Л. Хоменко, Ю.Л. Винников, М.О. Харченко, В.О. Расцветаєв; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». - Дніпро: НТУ «ДП», 2021. - 292 с.
2. Довідник з нафтогазової справи / За заг. ред. В.С. Бойка, Р.М. Кондрата, Р.С. Яремійчука. - К.: Львів. 1996. - 620 с.
3. Коцкулич Я.С. Бурові промивні рідини / Я.С. Коцкулич, М.І. Оринчак, М.М. Оринчак. - Івано-Франківськ: «Факел», 2008. - 500 с.
4. Коцкулич Я.С. Закінчування свердловин: підручник / Я.С.Коцкулич, О.В. Тищенко. - К.: Інтерпрес ЛТД, 2009. - 366 с.
5. Мислюк М.А. Буріння свердловин. У 5-и томах: довідник. Т. 3: Вертикальне та скероване буріння - К. : Інтерпрес ЛТД, 2004. - 294 с.
6. Поліник М.М. Технологія буріння нафтогазових свердловин / М.М. Поліник. - Полтава: Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, 2021 - 294 с.
7. Технологія і техніка буріння / В.С. Войтенко, В.Г. Вітрик, Р.С. Яремійчук, Я.С. Яремійчук. - Львів: Центр Європи, 2012. - 708 с.