

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»
Природничих наук та технологій
(факультет)
Кафедра нафтогазової інженерії та буріння
(повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеню магістра
(бакалавра, магістра)

студентки П'ятниці Катерини Володимирівни
(ПІБ)

академічної групи 185М-19-1 ГРФ
(шифр)

спеціальності 185 Нафтогазова інженерія та технології
(код і назва спеціальності)

спеціалізації _____
за освітньо-професійною програмою «Нафтогазова інженерія та технології»
(офіційна назва)

на тему Підвищення ефективності шарошечного породоруйнуючого інструменту
(назва за наказом ректора)

| Керівники | Прізвище, ініціали | Оцінка за шкалою | | Підпис |
|------------------------|-----------------------|------------------|---------------|--------|
| | | рейтинговою | інституційною | |
| кваліфікаційної роботи | Давиденко О.М. | | | |
| розділів: | | | | |
| Технологічний | Давиденко О.М. | | | |
| Охорона праці | Муха О.А. | | | |
| Рецензент | | | | |
| Нормоконтролер | Коровяка Є.А. | | | |

Дніпро
2020

ЗАТВЕРДЖЕНО:
завідувач кафедри
нафтогазової інженерії та буріння
(повна назва)

Коровяка Є.А.
(підпис) (прізвище, ініціали)

« » _____ 2020 року

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу
ступеню магістра
(бакалавра, магістра)

студенту П'ятниці К.В. **академічної групи 185м-19-1 ГРФ**
(прізвище та ініціали) (шифр)

спеціальності 185 Нафтогазова інженерія та технології
спеціалізації _____

за освітньо-професійною програмою «Нафтогазова інженерія та технології»
на тему Підвищення ефективності шарошечного породоруйнуючого інструменту

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 16.11.2020 р.
№ 947-с.

| Розділ | Зміст | Термін виконання |
|---------------|---|------------------|
| Технологічний | Встановлення шляхів підвищення ефективності роботи породо руйнівного інструменту за рахунок підвищення якості опори шарошечного долота і підвищення стійкості породо руйнівних елементів. | 26.11.20 р. |
| Охорона праці | Аналіз потенційних небезпек запроєктованого об'єкта і можливостей негативного впливу його на навколишнє природне середовище. | 10.12.20 р. |

Завдання видано Давиденко О.М.
(підпис керівника) (прізвище, ініціали)

Дата видачі 12.10.2020 р.

Дата подання до екзаменаційної комісії 11.12.2020 р.

Прийнято до виконання _____ П'ятниця К.В.
(підпис студента) (прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 106 с., 31 рис., 13 табл., 2 додатки, 30 джерел.

ШАРОШКОВЕ БУРІННЯ, СВЕРДЛОВИНА, ДОЛОТО, ПІДШИПНИК КОВЗАННЯ, ОПОРНИЙ ВУЗОЛ, ГРСЬКА ПОРОДА, РОБОЧЕ СЕРЕДОВИЩЕ, КОНСТРУКЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ.

Сфера застосування розробки – виробничі цикли проектування та виготовлення шарошечних доліт.

Об'єкт розроблення – системи озброєння та опор бурових шарошечних доліт різних конструкцій.

Мета роботи – конструктивний вибір та обґрунтування ефективних схем виконання систем озброєння та опорних вузлів бурових доліт, що забезпечують сталість процесу поглиблення забою свердловини з високою мірою продуктивності і економічності.

Новизна одержаних результатів – проаналізовано вплив експлуатаційних чинників на умови роботи озброєння і підшипникових вузлів в цілому, та на окремі деталі зокрема, на підставі чого сформульовані і обґрунтовані основні пункти інженерної методики розрахунку конструкції систем озброєння і вкладишів підшипникових вузлів ковзання; досліджено ґрунтовні фізичні та хімічні властивості конструкційних матеріалів та робочих середовищ, що впливають на умови експлуатації підшипникових систем бурових доліт.

Практичні результати – визначено коло та встановлено конкретний зміст заходів зі створення оптимальних технологічних умов відпрацювання шарошечних доліт з модернізованими системами озброєння та опорними підшипниковими вузлами.

Практичне значення роботи полягає в створенні принципово нової конструктивної схеми виконання підшипникового вузлу шарошечного долота, використання якої приведе до істотного підвищення продуктивності бурових робіт, скорочення часу на допоміжні операції, загального зростання ефективності і економічності процесу спорудження свердловин.

ЗМІСТ

| | |
|---|-----|
| ВСТУП | 4 |
| РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПОРОДОРУЙНІВНОГО ІНСТРУМЕНТУ ДЛЯ СПОРУДЖЕННЯ СВЕРДЛОВИН..... | 6 |
| 1.1 Породоруїнівний інструмент і його роль в видобутку корисних копалин | 6 |
| 1.2. Шарошечні долота | 9 |
| 1.3 Циркуляційна система бурової свердловини | 21 |
| РОЗДІЛ 2. ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ ДОЛІТ | 26 |
| 2.1 Підбір мастила для підшипника | 26 |
| 2.2 Опора шарошечного долота | 31 |
| 2.3 Застосування твердих мастил | 36 |
| 2.4 Газо–рідинні системи для буріння свердловин..... | 40 |
| 2.5 Поверхнево – активні антифрикційні добавки..... | 42 |
| РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЧНІ РЕЖИМИ ВІДПРАЦЮВАННЯ ШАРОШЕЧНИХ ДОЛІТ | 45 |
| 3.1 Вплив осевого навантаження на механічну швидкість буріння..... | 45 |
| 3.2 Функціональна залежність механічної швидкості буріння від частоти обертів долота | 51 |
| 3.3 Витрата промивальної рідини як критерій регулювання швидкості поглиблення забою..... | 54 |
| РОЗДІЛ 4. ТЕОРИТИЧНІ І ПРАКТИЧНІ ПРИНЦИПИ УДОСКОНАЛЕННЯ ПОРОДОРУЙНІВНИХ ОРГАНІВ ШАРОШЕЧНИХ ДОЛІТ..... | 57 |
| 4.1 Фізичне і математичне моделювання..... | 57 |
| 4.2 Обґрунтування використання методу Монте Карло | 59 |
| 4.3 Система озброєння долота | 64 |
| 4.4 Удосконалення геометрії озброєння введених вінців шарошечного бурового інструменту..... | 71 |
| 4.5 Матеріали для виготовлення зубів шарошок | 76 |
| 4.6 Анізотропія | 77 |
| 4.7 Особливості кінематики одношарошечного долота..... | 81 |
| РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ | 91 |
| 5.1 Правила безпечної експлуатації бурового обладнання та інструменту | 92 |
| 5.2 Техніка безпеки при проведенні бурових робіт | 93 |
| 5.3 Заходи безпеки при ліквідації аварій і ускладнень..... | 97 |
| 5.4 Забезпечення пожежної безпеки на об'єкті буріння | 98 |
| ВИСНОВКИ..... | 100 |
| ЛІТЕРАТУРА..... | 101 |

ВСТУП

Останнім часом спостерігається стійка тенденція збільшення глибин розвідувальних та експлуатаційних свердловин на вуглеводні. У розвитку нафтогазової галузі останнім часом намічається тенденція формування нової стратегії науково-технічного розвитку бурових робіт, пов'язана з пошуком, розвідкою і введенням в експлуатацію нових родовищ, що характеризуються ускладнюючими з ростом глибин геолого-технічними умовами. Розвиток технології буріння нерозривно пов'язаний з пошуком нових, більш ефективних породоруйнівних інструментів, раціонального вибору доліт досконалої технології їх відпрацювання в складних геолого-технічних умовах при збільшенні обсягів глибокого буріння похило-спрямованими і горизонтальними свердловинами. В даний час основний обсяг буріння свердловин здійснюється породоруйнюючими інструментами шарошечного типу. Це обумовлено тим, що долото такого типу за механізмом взаємодії з поверхнею забою свердловини універсально.

У зв'язку з цим проблема створення нового і вдосконалення існуючого породоруйнюючого інструменту набуває актуального значення. Над її вирішенням працюють колективи ряду науково-дослідних і проектно-конструкторських інститутів.

В результаті тільки за останнє десятиліття на озброєнні буровиків з'явилися такі нові високопродуктивні типи доліт, як штирові, гідромоніторні, ріжучо-стираючі (фрезерні), алмазні і ін. Таким чином, дослідження, розробка і впровадження засобів підвищення ефективності шарошечного буріння є важливою і актуальною задачею, вирішення якої має велике наукове і практичне значення.

Шарошечні долота удосконалювалися на шляху підвищення їх довговічності внаслідок застосування нових матеріалів при проектуванні як озброєння, так і опорних поверхонь. Істотний прогрес на шляху підвищення довговічності шарошечних доліт був досягнутий в результаті використання

герметичних маслонаповнених опор.

Все це дозволило створити сотні типорозмірів і модифікацій шарошечних доліт. Пошук нових, більш ефективних модифікацій бурових доліт триватиме, так як руйнування гірської породи при бурінні – процес несталий. Обумовлено це постійною зміною геолого-технічних умов, технічних характеристик бурових установок і забійних двигунів, міцності і абразивних властивостей нових сталей і надтвердих матеріалів. Очевидно, разом з цим бурове долото як механізм, безпосередньо руйнує гірську породу і формує стовбур свердловини, також буде змінюватися і вдосконалюватися. При цьому буде поліпшуватися методологія вибору бурового долота і режимів його відпрацювання.

Одношарошечні долота відносяться до породоруйнуючих інструментів шарошечного типу, призначені для буріння свердловин на нафту і газ. У роботі зроблена спроба показати ті великі можливості і резерви одношарошечних доліт, які не в повній мірі розкриті і не використані в геологорозвідувальному, нафтовидобувному виробництві при будівництві та ремонті свердловин.

Процес руйнування гірської породи при бурінні до теперішнього часу залишається повністю невивченим. Тому при математичному моделюванні зазначеного процесу виникають значні труднощі, внаслідок чого оптимізаційні задачі на цій основі поки малоефективні, мають приватний характер і являють більше теоретичну значимість. Теоретичні дослідження в області породоруйнуючого інструменту ведуться давно, спрямовані вони на побудову математичної моделі даного процесу. За основу цієї моделі легше, оперативніше й ефективніше оцінювати і прогнозувати кінцеві результати по вхідних параметрах процесу.

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПОРОДОРУЙНІВНОГО ІНСТРУМЕНТУ ДЛЯ СПОРУДЖЕННЯ СВЕРДЛОВИН

1.1 Породоруїнівний інструмент і його роль в видобутку корисних копалин

Сучасна промисловість виробляє породоруїнівні інструменти різних видів, конструкцій і типів. Для зручності орієнтування в цьому різноманітті їх класифікують за деякими ознаками: за призначенням, характером взаємодії, що руйнується гірською породою і конструкції.

В ході буріння свердловин, призначених для видобутку нафтогазового продукту, використовується породоруїнівний інструмент різних видів. Основне призначення цих предметів полягає в подоланні шарів, що складаються з твердої кам'яної породи і перешкоджають проникненню до продуктивних горизонтів, що містять нафту і газ. Ефективність застосування інструменту обумовлюється властивостями конкретної породи, тому перед тим, як визначитися з інструментом, важливо визначити, які пласти належить подолати в ході буріння стовбура. Правильно підібрані пристрої зроблять роботу максимально швидкою і мало затратною.

В рамках створення нафтових і нафтогазових свердловин зазвичай застосовуються такі різновиди:

- Долота для буріння за методом суцільного забою.
- Головки для буріння за типом кільцевого забою.
- Спеціальні розширювачі, що збільшують стовбуровий діаметр.
- Стабілізуючі елементи і компоненти для центрування, які роблять стінки стовбура рівними.

Зносостійкість долота-важливий критерій, який залежить від часу експлуатації, в яке долото може стертися до максимальних меж, так що його потрібно замінити. Стійкість інструменту показується в годиннику, вона безпосередньо залежить від тих же критеріїв. Величезну значимість має частота обертання інструменту, навантаження, що подається на його основну вісь, фізичні властивості робочого розчину. Всі ці критерії визначають не тільки

тривалість застосування інструменту, але і характер буріння в тих чи інших умовах.

Також важливими факторами функціональності інструменту є проходка і механічна бурильна швидкість. Якщо проходка збільшується, то обсяг маніпуляцій по спуску і підйому обладнання в стовбурі робиться менше, що тягне високу ефективність роботи. Якщо ж збільшується механічний швидкісний режим, зайнятість основних елементів обладнання знижується, тому зносостійкість буде вищою, а витрати енергії будуть пропорційно падати.

Існує велика кількість категорій доліт, які відрізняються способами застосування і функціональністю. Інструменти класифікуються за властивостями матеріалу, формою, складом компонентів, розташуванням окремих частин відносно осі, інтенсивністю викиду породи при роботі та іншими критеріями.

Виходячи з класифікації, можна виділити три типи інструменту:

1. Пристосування для роботи суцільного типу, які використовуються для збільшення глибини стовбура. Руйнування пластів проводиться в одній площині або поступово.
2. Головки, що призначаються для поглиблення, які працюють по контуру забійної зони.
3. Спеціальні долота, використовувані в готових свердловинах.

За типом матеріалу, з якого може виготовлятися породоруйнівний інструмент, він ділиться на наступні типи:

- Обладнання зі сталі.
- Твердосплавні пристрої.
- Алмазно–твердосплавне обладнання.
- Алмазне обладнання.

Також бурові пристрої класифікуються за конструкцією промивних приладів і потужності розчинного струменя. Всього існують два типи таких доліт: стандартні і струменеві. Перший тип відрізняється тим, що розчин, створюваний для буріння, витікає через спеціальні промивні отвори, які

розташовані в середині інструменту. Звідти розчин тече по лопаті, і в забій потрапляє тільки невеликий відсоток рідини. Що стосується струменевих доліт, то в них рідина потрапляє в забій через отвори збоку, завдяки чому розчин також руйнує породу.

Ще одна ознака класифікації доліт – ступінь впливу на пласт, що викликає руйнування породи, коли обертається бур.

Виходячи з цього поділу, можна сказати, що породоруйнівний інструмент слід підбирати відповідно конкретних умов в кожному випадку, беручи до уваги геологічний склад пластів, тип роботи та інші фактори.

Конструкція бурового породоруйнуючого інструменту заснована на реалізації способу руйнування на гірську породу і залежить від його призначення. Найбільшого поширення в практиці бурових робіт отримали шарошечні долота.

Ці долота являють собою одну з найпопулярніших різновидів, і дозволяють створити стовбур свердловини за допомогою дроблення або сколювання елементів гірської породи. Такий інструмент може застосовуватися на породах з різною твердістю майже без обмежень.

Конструктивно шарошечне долото складається з осі, зварених один з одним секцій, обертаючих шарошок з зубцями. Шарошки, які мають форму конуса, розбивають породу в ході буріння. При обертанні долота інструмент угвинчується в верхню ґрунтову частину, через що шматки породи, відокремлювані від загального пласта, дробляться на більш дрібні.

Більш ефективним представляється породоруйнуючий інструмент, який працює дробляче–сколюючим способом. Ця конструкція при функціонуванні поєднує дроблення з ковзанням шарошок по свердловинному забою, завдяки чому здійснюється додатковий відкол оброблюваного пласта. Найкраще такі долота підходять для роботи на твердих і середніх гірських породах [1].

В цілому шарошечні пристосування відрізняються і кількістю використовуваних шарошок. Одношарошечні різновиди інструменту працюють на збільшеній глибині, і таке пристосування зазвичай має посилену опору, більш

зносостійкі елементи для дроблення. Найкраще одношарошечні інструменти показують себе при обробці вапнякової, карбонатної породи з високим ступенем крихкості. Що стосується двохшарошечних різновидів, то найбільш часто вони використовуються для пошуково–розвідувальних свердловин.

1.2 Шарошечні долота

Шарошечні долота виробляють до 90 % обсягів буріння і найбільш широко поширені і призначені для суцільного буріння нафтових і газових свердловин.

Ці долота мають наступні переваги в порівнянні з лопатевими:

- площа контакту шарошечних доліт з забоєм значно менше, ніж у лопатевих доліт, але довжина їх робочих крайок більше, що значно підвищує ефективність руйнування гірських порід;
- шарошки долота перекочуються по забою на відміну від лез лопатевого долота, що ковзають по ньому, внаслідок чого інтенсивність зносу зубів шарошок значно менше інтенсивності зносу лез лопатевих доліт;
- внаслідок перекочування шарошок по забою крутний момент, споживаний долотом, порівняно невеликий, тому небезпека заклинювання шарошечного долота зводиться до мінімуму.

Для підвищення ресурсу доліт в їх конструкції використовуються опори ковзання і озброєння шарошок твердосплавними зубками. Для найбільш важких умов експлуатації розроблені долота з елементами герметизації опор. Породоруйнівний буровий інструмент виконує основну роль в процесі проходки ствола свердловини в масиві гірських порід. При використанні обертального способу буріння буровий інструмент бурить породу за допомогою різних типів озброєння, в тому числі зубів, твердосплавних вставних зубків або лопатей, розташованих на робочій поверхні бурового долота, які при обертанні руйнують різні області забою і забезпечують поглиблення свердловини. З огляду на різноманіття існуючих способів буріння і фізико-механічних властивостей гірських порід, виготовляються бурові породоруйнівні інструменти з різними

типами дії і конструктивного виконання.

Буріння нафтових і газових свердловин проводиться в основному долотами, що руйнують всю поверхню забою. Такі долота відносять до породоруйнуючих інструментів суцільного буріння. У розвідувальному і пошуковому бурінні в певних інтервалах відбирається зразок породи у вигляді стовпця (керну) за допомогою бурильних коронок, що створюють забій кільцевої форми. Для розбурювання цементних пробок, зарізки нових стовбурів при багатозабійному бурінні, розширення пробурених свердловин і т.д. використовують спеціальні бурові долота.

Клас доліт, внаслідок багатогранності завдань і функцій, які виконують бурові установки в самих різних галузях промисловості, відрізняється великим цільовим і конструкційним різноманіттям.

Процес буріння свердловини обертальним способом без відбору керна складається зі спуску бурового снаряда, механічного буріння, нарощування бурового снаряда. Промивання свердловини перед підйомом бурового снаряда, підйому бурового снаряда і заміни породоруйнуючого інструменту (долота).

Після поглиблення стовбура свердловини на довжину робочої частини провідної труби (на довжину бурильної труби) нарощують буровий снаряд. Для цього вимикають буровий насос, зупиняють обертання ротора і за допомогою лебідки піднімають буровий снаряд до виходу з'єднання бурильної колони з провідною трубою ротора. Потім під замок бурильної труби ставлять елеватор, опускають колону бурильних труб на ротор і відгвинчують провідну трубу. Потім відводять її в сторону, а на колону бурильних труб нагвинчують ще одну заздалегідь підготовлену бурильну трубу. Після цього колону опускають в свердловину, нагвинчують провідну трубу, включають буровий насос і ротор, спускають буровий снаряд на забій і продовжують буріння. Буріння ведуть до тих пір, поки механічна швидкість поглиблення бурового снаряда не почне різко зменшуватися внаслідок зносу долота.

Перед підйомом бурового снаряда свердловину промивають без поглиблення для очищення забою і стовбура свердловини від розбуреної породи

(шламу). Піднімають його в послідовності, зворотного спуску, тобто спочатку відгвинчують і відводять в сторону провідну трубу, а потім піднімають зі свердловини бурильну колону, розгвинчуючи труби і витягуючи обтяжені бурильні труби з долотом. Долото замінюють новим, знову опускають буровий снаряд і продовжують буріння.

Шарошечні долота різняться між собою як за типом озброєння, так і за кількістю власне шарошок. Існують інструменти з однією, двома, трьома і чотирма шарошками. Залежно від їх числа, різні породоруйнівні інструменти (ПРІ) виконують операції самого різного призначення [2].

За кількістю робочих органів долота типу «Шарошечні» класифікуються на наступні види (рис.1.1):

- Одношарошечні;
- Двошарошечні;
- Трьохшарошечні;
- Багатошарошечні.

Кількість шарошок інструменту визначає умови його застосування. Одношарошечні рекомендовано вводити в експлуатацію для буріння свердловин на велику глибину; двошарошечні долота використовують в геологорозвідці; трьохшарошечні – при бурінні свердловин на нафту і газ; а багатошарошечні долота використовуються при роботі в складних умовах.

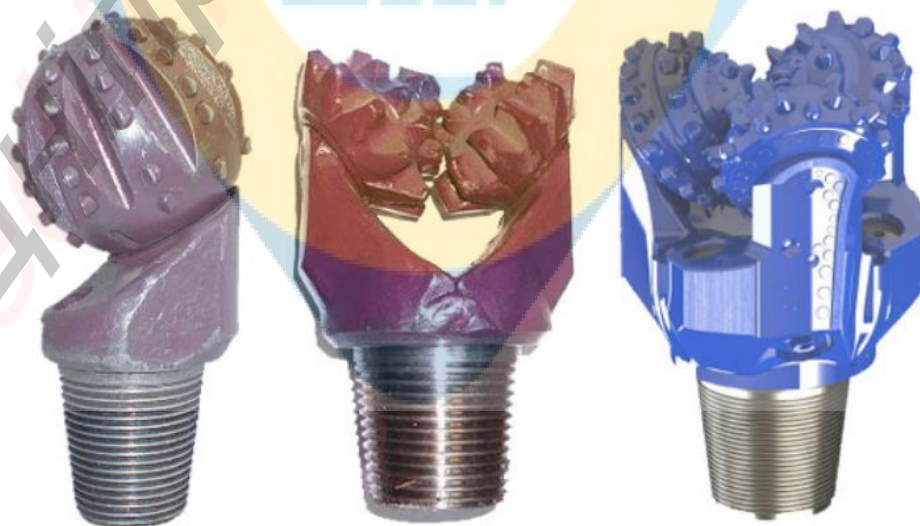


Рисунок 1.1 – Одно-, Дво- і Трьохшарошечні долота.

Сучасні моделі двохшарошечних доліт можна розподілити на два класи, чотири типи і кілька модифікацій, що відрізняються одна від одної за схемою і конструкції промивного вузла або опори шарошок.

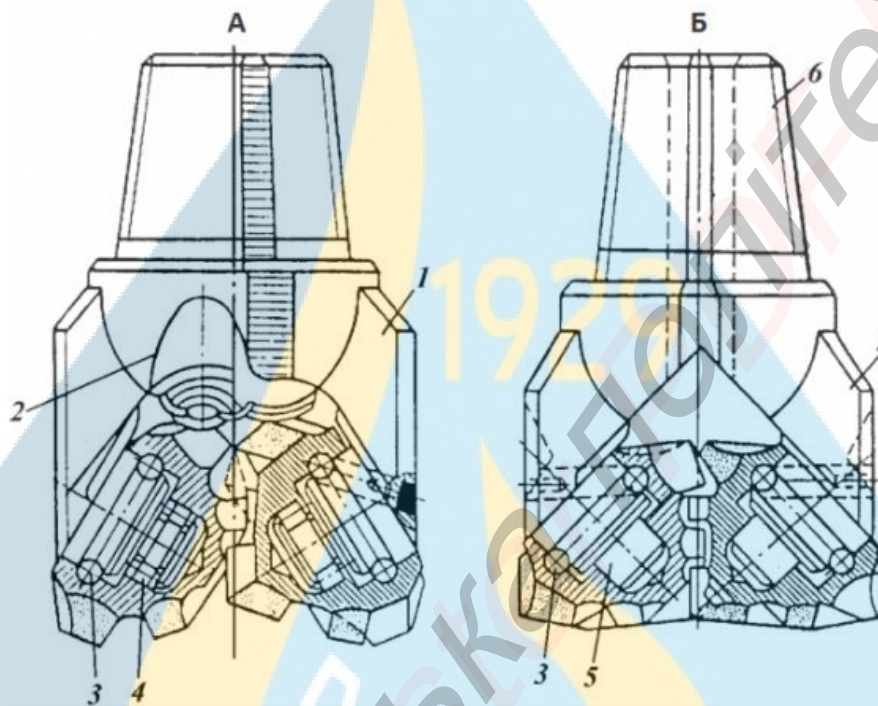


Рисунок 1.2 – Конструкція двохшарошечного долота типів М і С.

А – долото В112МГ; Б – долото 2В93С. 1 – секція герметизованої опори; 2 – бічні промивні отвори; 3 – шарикопідшипник; 4 – роликпідшипник; 5 – підшипник ковзання; 6 – центральний промивальний отвір.

Долота першого класу виготовляють двох типів – М і С. Двохшарошечні долота типу М призначені для буріння свердловин суцільним забоем і в слабких, найбільш м'яких і в'язких незцементованих породах, таких як суглинки, слабкі глини і мергелі. Ці долота виготовляють трьох типорозмірів: В112МГ, В132МГ і В151МГ. Долото В112МГ виконується двосекційним (рис. 1.2., а).

До типу С відносяться долота 2В93С і 2В112СМ, призначені для буріння свердловин в середніх породах, таких як вапняки, аргіліти, алевроліти, ущільнені глини, мергелі. Долото 2В93С (рис. 1.2., б) складається з двох зварних секцій, площина прилягання яких розташована симетрично щодо шарошок.

Шарошечне долото (рис. 1.3) включає в себе корпус з приєднувальним

різьбленням 1, лапи 2 і шарошки 3, що розміщуються на осях – цапфах 4.

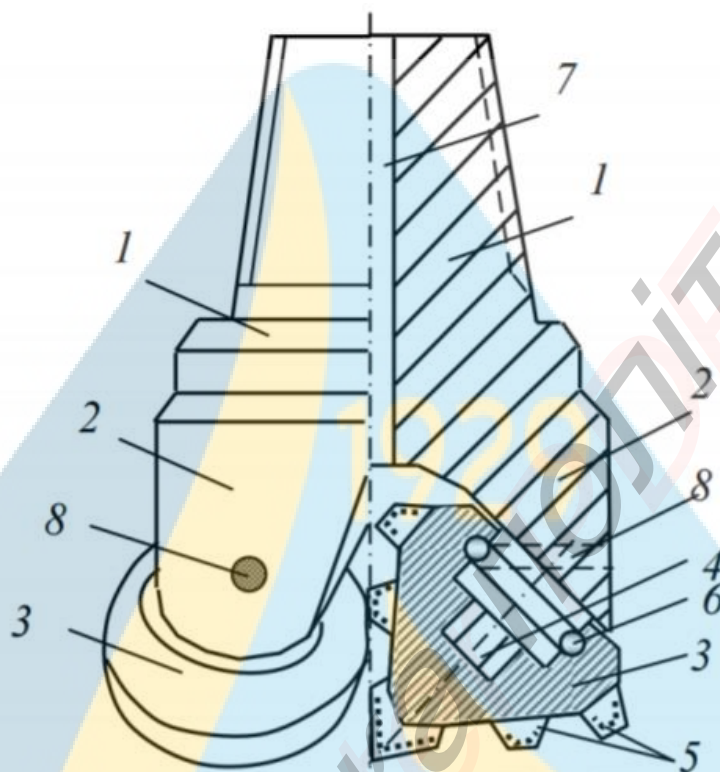


Рисунок 1.3 – Схема конструкції трьохшарошечного долота

1 – корпус з різьбленням, 2 – лапи, 3 – шарошки, 4 – цапфи, 5 – армовані зуби, 6 – підшипники, 7 – канал подачі бурового розчину, 8 – канал доставки замкового підшипника

Шарошки 3 мають озброєння в вигляді армованих зубів 5 або вставних зубів з твердого сплаву. При обертанні корпусу долота 1 з лапами 2 шарошки 3 обертаються навколо цапф 4. Тому між шарошками 3 і цапфами 4 розміщують кулькові або роликові підшипники 6, а в долотах малого діаметра застосовують підшипники ковзання.

Буровий розчин потрапляє на забій свердловини по каналу 7. Отвір 8 призначений для доставки в канал між шарошкою 3 і цапфою 4 кульок замкового підшипника 6, які, виконуючи функцію підшипника, служать також в якості фіксаторів шарошки 3 на цапфі 4. Після складання долота канал 8 закривають.

Одношарошечні долота мають дуже важливі для буріння глибоких свердловин позитивні властивості – більшу потужність лапи і шарошки, міцність

опори і тіл кочення в порівнянні з потужністю всіх трьох лап, шарошок і опор трьохшарошечного долота ідентичного діаметру. Таке технічне рішення забезпечує запобігання аварій одношарошечного долота через вихід з ладу опори і тіл кочення і практично виключає залишення єдиної шарошки на забої, що має особливе значення при бурінні на великих глибинах, в той час як залишення шарошок на забої при використанні трьохшарошечних долот – явище часте.

Одношарошечні долота призначені для розбурювання твердих і міцних порід, розташованих на великій глибині і схильних до всестороннього стиску гідростатичними силами високого рівня [3]. Робота долота заснована на дробляче-сколювальній дії. Конструкція одношарошечного долота дозволяє знизити швидкість обертання шарошки навколо своєї осі порівняно з трьохшарошковими долотами. В результаті цього досягається значне підвищення надійності і зносостійкості опори долота.

Одношарошечне долото складається з однієї лапи, на цапфі якої змонтована шарошка. Опора шарошки представлена двома кульковими підшипниками, перша з яких замкова. Конструкція одношарошечного долота дозволяє вмістити опору в великих габаритах при малих розмірах долота.

Сферична шарошка армується твердосплавними вставними зубами клиноподібної форми робочих поверхонь. Величина вильоту зубів над корпусом шарошки становить близько 5 мм. На поверхні корпусу шарошки вифрезеровано шість поздовжніх пазів для підведення бурового розчину на забій. Буровий розчин проходить через канал в корпусі долота на поверхню шарошки. Струмінь закінчується по дотичній і сприяє очищенню поверхні шарошки від бурового шламу.

Етапи розвитку техніки буріння з застосуванням одношарошечних долот

Вперше конструкція одношарошечного долота, що має всього одну шарошку, по діаметру близьку до діаметру свердловини, встановленої на похилій до осі долота цапфи, була запропонована ще в 1924 році Д.А. Зубліним.

Ці долота випускалися великого діаметру для розбурювання верхніх

горизонтів стовбурів свердловин. У 1925-1945 роках винахідником Д.А. Зубліну і Р.О. Пекіну (США) видано близько двадцяти патентів на різні конструкції одношарошечних доліт [4].

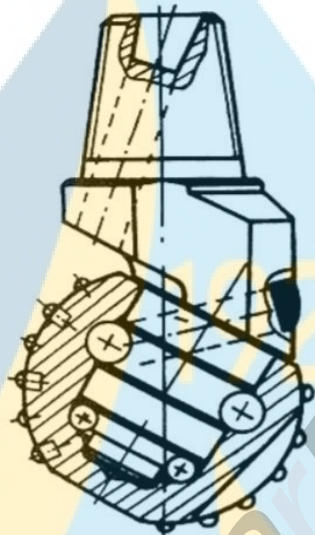


Рисунок 1.4 – Одношарошечне долото

Відмінними ознаками цих доліт були як профіль породоруйнуючих елементів, система промивання, підшипниковий вузол і т.д. При цьому, основні конструктивні ознаки – шарошка по діаметру стовбура і нахилена до осі долота цапфа у всіх запатентованих конструкціях залишалися єдиними. Долото Зубліна і всі його модифікації мали в основі єдину схему конструкції, схематично зображену на рис 1.5 [4]. До корпусу долота 1 під кутом 30° до осі угвинчена спеціальна втулка 5, що служить цапфою, вільно обертається шарошка 6, забезпеченої ріжучими зубцями 4 і розширюються зубцями 3. Закріплена шарошка на корпусі за допомогою кульок 7, які закладаються в кільцевий простір між корпусом і шарошкою через спеціальну виточку в корпусі і виріз в шарошці. Замок 8 закладається в виточку в корпусі. Кульками сприймається тільки частина радіального навантаження.

Центральний промивний канал долота має два відгалуження: один канал проходить через цапфу з виходом на забій, через який здійснюється очищення забою від шламу, другий канал являє собою бічний відвід з насадкою на кінці,

який забезпечує очищення зубців, що розширюють свердловину.

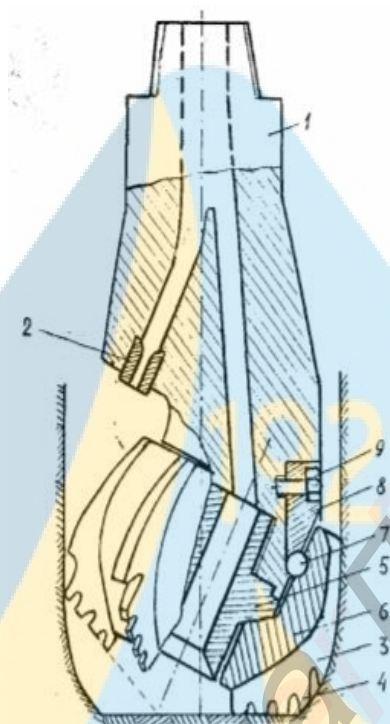


Рисунок 1.5 – Долото Д.А. Зубліна

Перевага даного долота [4] полягає в наступному. Основне навантаження припадає на зубці, що стикаються з забоєм. Шарошка своїми зубцями вирізає в породі лунки – діє як зубчастий редуктор. Уповільнення обертання шарошки в 2-5 разів в порівнянні з обертанням колони труб сприятливо для долота, так як останнє може працювати навіть при високих оборотах інструменту. При обертанні долота не завжди досягається чисте кочення шарошки, що визначається її типом і властивостями породи. Чим більше опір обертання, тим більшою мірою різання породи шарошкою нагадує роботу свердла. Очевидно, у в'язких породах опір обертання вище і тому в них шарошка знімає «вертикальну стружку». У твердих породах обертання не затрудняється і шарошка катається по забою. Долото розглянутої конструкції Д. А. Зубліна має мінімальну площу зіткнення з забоєм, внаслідок чого виникають високі питомі навантаження на озброєння долота при невеликому загальному навантаженні на долото [4].

При використанні долота Д.А. Зубліна тверді породи найкраще розбурюються при 25-40 об/хв, пласти середньої твердості – 35-50 об/хв, а при

роботі на глинистих і м'яких ґрунтах частота обертання інструменту може бути доведена до 200 об/хв. У долоті немає неврівноважених сил, які прагнуть відхилити долото в сторону. Ріжучу дію направлено вниз і всередину у напрямку до центру. Долото чинить опір відхиленню і ріже по вертикалі, завдяки чому може успішно застосовуватися для виправлення викривлених свердловин. Також відмінною особливістю і перевагою долота є те, що долото при зустрічі похилих пластів твердих порід не відхиляється вниз по пласту як долота «риб'ячий хвіст», а, вриваючись в тверду частину забою свердловини, починає коливатися у вертикальному напрямку до тих пір, поки не зруйнує черговий шар забою.

Наведений аналіз стосується роботи першого долота Д. А.Зубліна, що має мінімальний контакт ріжучих елементів з породою [4]. Тому на прикладі розгляду першого відомого одношарошечного долота зроблена спроба позначити основні ознаки, характерні для його конструкції і особливості руйнування їм забою свердловини. Долото Р. О. Пікіна [5] має наступні конструктивні особливості (рис. 1.6.).

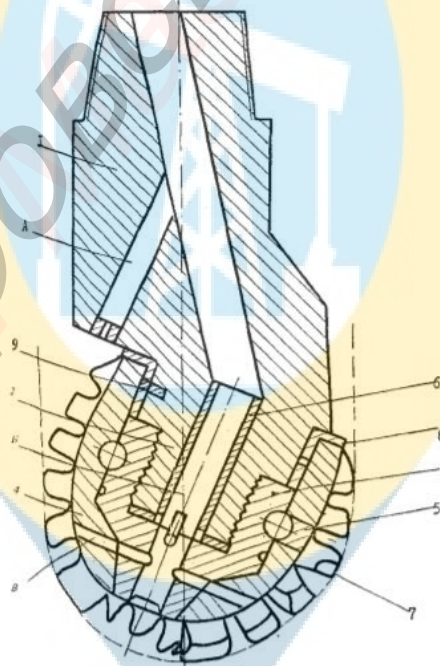


Рисунок 1.6 – Долото Р.О. Пікіна

1 – корпус; 2 – цапфа; 3 – втулка; 4 – шарошка; 5 – пробка; 6 – змінна втулка; 7 – зубці; 8 – фланець; 9 – гвинт

Долото має шарошку сферичної форми. Корпус 1 з виконаною на ньому цапфою 2. Осі долота і цапфи перетинаються під деяким кутом. У нижній частині цапфи на різьбі кріпиться втулка 3, що має бігову канавку для розміщення кульок підшипника. Шарошка 4 надівається на цапфу з втулкою і закріплюється за допомогою кульок, що вставляються в шарошку через спеціальний отвір, яке перекривається після складання підшипника пробкою 5. Гідравлічна система долота також передбачає верхню промивку–підведення рідини через центральний і бічний канал, а в простір над шарошкою і нижню промивку – підведення рідини безпосередньо на забій через канал в цапфі 6. Крім того, у втулці 3 і шарошці 4 передбачені бічні радіальні канали в, які забезпечують кращу очистку забою свердловини від шламу за рахунок періодичного, імпульсного напрямку струменя по каналах в шарошці і втулці, що перекриваються при обертанні шарошки. Передбачено також підведення рідини до підшипника, через прорізи в змінній втулці 6, що вставляється в промивний канал цапфи. Зубці 7 шарошки розходяться в сторону від центрального отвору в шарошці (втулці 3), по ріжучій кромці мають кривизну, відповідну сферичної поверхні забою.

Зубці, що знаходяться нижче площини, січної шарошки перпендикулярно її осі і проходять через точку перетину осей шарошки і корпусу, скошені – утворюють різці, спрямовані ріжучими поверхнями в сторону обертання долота. Зубці, що знаходяться вище цієї точки, не заточені. Всі зубці мають зносостійкі покриття абразивними частинками, нанесеними на свої ріжучі поверхні за допомогою наплавлення. Ці абразивні зносостійкі елементи діють як ріжучі основні елементи ріжучих крайок зубців. Для зниження зносу бічної поверхні корпусу, що контактує з відповідними поверхнями усіченої шарошки, на цапфу надітий фланець 8, утримуваний від провороту гвинтом 9. Дана конструкція забезпечує можливість багаторазової заміни відпрацьованих шарошок.

Переваги і недоліки застосування одношарошечних доліт

Аналіз механізму роботи одношарошечного долота ведеться на основі порівняння переміщення корпусу долота і шарошки щодо забою (або щодо осі

свердловини). На наш погляд, це найбільш простий підхід при вивченні працездатності шарошки і характеру подачі енергії, що йде на обертання долота, а через шарошку – на руйнування гірської породи.

Режим руйнування породи породоруйнуючими елементами долота переважно різанням і сколюванням є найбільш ефективним способом руйнування порід, особливо мало абразивних м'яких порід і порід середньої твердості.

Як показують результати відпрацювання таких доліт, вони мають ряд переваг над серійними трьохшарошковими долотами того ж діаметру по стійкості опори, по проходці – ресурс і проходка в 2-3 рази вище у одношарошечних доліт. Одношарошечне долото дає трохи нижче механічну швидкість 3-5 м/год, в порівнянні з трьохшарошковими долотами 8-10 м / год – при зіставленні буріння в одних і тих же інтервалах. Однак, на великих глибинах більш висока механічна швидкість при низькому ресурсі трьохшарошечних доліт вимагає здійснення численних спуско-підйомних операцій. Тому одношарошечні долота в багатьох випадках можуть служити альтернативою застосування трьохшарошечних доліт.

Стримуючим фактором зростання обсягів використання одношарошечних доліт є те, що конструкція долота, що має кульову форму породоруйнуючого органу по діаметру перекриває на 97-98% стовбур свердловини, іноді може викликати при спуско-підйомних операціях: створення підвищених тисків на пласти, їх гідророзрив і поглинання бурового розчину.

Як зазначено вище, конструкції випускаючих одношарошечних доліт виконані з верхньою системою промивання, тобто з подачею бурового розчину в свердловину через бічний промивний канал, виведений над шарошкою. Незважаючи на явні досягнення, підтверджені багаторічною практикою відпрацювання серійних доліт, все-таки слід зазначити, що спосіб подачі промивної рідини на забій свердловини вимагає поліпшення.

В процесі роботи одношарошечного долота струмінь потоку промивної рідини гаситься між шарошкою і стінкою свердловини, і в центральну частину

забою у вигляді інтенсивного потоку струмінь вже не потрапляє. Відбувається скупчення і багаторазове перемелювання породи на забої свердловини, в результаті чого знижується механічна швидкість буріння. Віддаленість промивного каналу від забою призводить у багатьох випадках до утворення «сальників» на долотах.

Струмінь бурового розчину спрямовується з великою швидкістю з промивного каналу на бічну поверхню стінки свердловини, інтенсивно і швидко руйнує не тільки глинисту кірку на її стінках, але і може привести до утворення глибоких каверн в останніх, зруйнувати стінку свердловини. Наслідки цього відомі: можливі обвал стінок свердловини, прихвати, поломки бурових труб, поглинання промивної рідини і т. д.

Все це може створити аварійний стан в свердловині, викликати значну перевитрату тампонажних матеріалів, хімічних реагентів, потрібних для приготування бурових розчинів та інших матеріалів, і, в кінцевому рахунку, знизити техніко-економічні показники проводки свердловини. Тому потрібно більш глибоке вивчення особливостей роботи систем промивання випускаючих доліт, розробка нових доліт з поліпшеною системою гідравліки.

Вплив зносу на працездатність одношарошечних доліт.

Тривалість роботи одношарошечного долота залежить від працездатності основних елементів: породоруйнуючих зубків і підшипникової опори. Утворення люфту в підшипнику пов'язано зі збільшенням розмірів бігових доріжок на цапфі і шарошці, зносу – зменшення в діаметрі, розколі кульок, зносу опорних поверхонь ковзання цапфи і шарошки. Знос елементів підшипникового вузла долота пов'язаний з тривалим контактним знакозмінним навантаженням, що діє на нього при обертанні шарошки. Особливо інтенсивно зношуються елементи опорного вузла при спрацьовуванні зубків шарошки і порушення стійкості роботи долота, що супроводжується виникненням додаткових осьових і радіальних навантажень.

В цілому першопричиною спрацьовування долота і його опори є знос породоруйнуючих зубків. Знос останніх залежить від конструкції долота: нахилу

осі обертання шарошки, рівномірності розподілу зубків по її поверхні, їх виду, вильоту і орієнтації.

При проектуванні оптимальної конструкції долота необхідно вирішити задачу геометрії долота, раціональних способів розподілу озброєння на шарошці.

1.3 Циркуляційна система бурової свердловини

Ефективність буріння свердловин багато в чому визначається складом очисного агента, а також залежить від схеми і режиму промивки свердловини в процесі буріння. В якості очисного агента можуть бути використані промивні рідини від найпростіших за складом (вода, вуглеводнева рідина) без твердої фази і добавок багатофункціонального призначення до складних за рецептурою багатокомпонентних промивних рідин, газоподібні агенти (повітря, гази різного складу і походження), а також суміші на основі промивних рідин і газоподібних агентів – газорідинні суміші (аерозолі, аеровані рідини і піни)[6].

Раціональні умови застосування різних видів очисних агентів залежать від їх складу і технологічних властивостей, які в свою чергу визначаються складом і властивостями пробурених гірських порід, можливими ускладненнями при бурінні, видом і складом підземних вод, пластовим тиском та іншими факторами.

Для забезпечення ефективного буріння свердловин до сучасних бурових розчинів можна пред'явити наступні основні вимоги:

- буровий розчин повинен бути мало в'язким і мати невеликий поверхневий натяг на кордоні з гірськими породами;
- концентрація глинистих частинок у твердій фазі розчину повинна бути мінімальною;
- бурові розчини повинні мати стабільні показники;
- бурові розчини повинні бути хімічно нейтральними по відношенню до розбурюваних порід, не викликати їх диспергування і набухання;
- бурові розчини не повинні бути багатокомпонентними системами, а використовувані для регулювання їх властивостей хімічні реагенти, повинні

забезпечувати спрямовану зміну кожної технологічної властивості.

Виконання цих вимог багато в чому залежить від геолого-технічних умов буріння. Однак вони дозволяють вибрати з гама розчинів саме той, який не тільки викривить ускладнення і аварії в свердловині, але і забезпечить ефективність буріння.

Однак ці вимоги до бурового розчину необхідні, але не достатні для досягнення найкращих показників буріння. Треба виконувати також вимоги до основних технологічних властивостей бурового розчину.

Густина. Залежно від характеру проведених при бурінні операцій вимоги до густини бурового розчину можуть бути різними. Для забезпечення оптимальної роботи породоруйнуючого інструменту (ПРІ) густина бурового розчину повинна бути мінімальною. Однак сучасна технологія буріння свердловин така, що густину бурового розчину вибирають з умови недопущення проявів, осипів і обвалів прохідних гірських порід. Збільшення густини бурового розчину призводить до збільшення гідравлічних опорів в циркуляційній системі свердловини, при цьому зменшується подача насосів, погіршується очищення забою. Поряд з цим збільшення гідростатичного тиску призводить до зниження темпу руйнування породи і до зменшення механічної швидкості буріння [6].

У нормальних умовах буріння збільшення густини бурового розчину небажано. Лише при бурінні в міцних, але нестійких, тріщинуватих породах необхідно збільшити густину бурового розчину і за рахунок підвищеного гідростатичного тиску стінки свердловини стають більш стійкими.

При поглинаннях бурового розчину або з метою зменшення її негативного впливу на проникність пластів (наприклад, при бурінні гідрогеологічних свердловин) густину бурового розчину зменшують.

Статична напруга зсуву. Для роботи вода – найкраща рідина, але відсутність тиксотропних властивостей різко обмежує її застосування. Воду неможливо погіршити грубодисперсними важкими порошками, а при великих глибинах буріння, коли цикл циркуляції через свердловину можна порівняти з тривалістю роботи долота на забої, вона не здатна виконати головну функцію –

утримувати в свердловині шлам, що залишився, у зваженому стані при тимчасовому припиненні циркуляції. В результаті цього в стовбурі виникають прихвати бурильної колони так званими сальниками-пробками, що утворюються з шламу.

Використання бурових розчинів при бурінні свердловин, а також обважнення їх грубодисперсним матеріалом високої щільності (баритом, гематитом, галенітом і ін.) обумовлені головним чином необхідністю утримання у зваженому стані вибуреної породи в період перерваної циркуляції. Тому одне з основних вимог, що пред'являються до бурових розчинів, – здатність до тиксотропного зміцнення їх в спокої. Саме цим показником характеризується стійкість бурового розчину і його здатність утримувати шлам у зваженому стані. Однак значення статичної напруги зсуву вибирають з суто практичних міркувань без урахування конкретних геолого-технічних умов. У результаті цього в ряді випадків вона виявляється нижче необхідної, що призводить до різних ускладнень при бурінні (затяжки, посадки бурильної колони, що утворюються в свердловині сальниками), або вище необхідної, що викликає необхідність відновлення проміжних циркуляцій бурового розчину і може бути причиною виникнення його поглинання.

Необхідність застосування науково обґрунтованого методу вибору показників тиксотропних властивостей бурового розчину очевидна, так як при цьому можна не тільки уникнути ускладнень при бурінні, але і підвищити ступінь очищення розчину віброситими і гідроциклонами, виключити засмічення резервуарів грубодисперсним осадом і ін.

Показник фільтрації і товщина фільтраційної кірки. Для поліпшення умов руйнування породи доцільно прагнути до збільшення показника фільтрації бурового розчину і зменшення товщини фільтраційної кірки. Однак така вимога здійсненна при бурінні в непроникних стійких породах. При проходці проникних пісків, глин з низьким паровим тиском значення показника фільтрації розчину чітко регламентується. Практикою буріння нестійких і проникних відкладень встановлено, що в цих умовах значення показника фільтрації повинно

знаходиться в межах 3-6 см³ за 30 хв.

Показник фільтрації бурового розчину є інтегральною величиною за проміжок часу, незмірно більший, ніж період обертання ПРІ. Тому він не завжди чітко кородує з показниками роботи ПРІ. Існує також думка, що показник не впливає на ефективність роботи ПРІ, а кореляційна залежність механічної швидкості проходки і проходки на ПРІ від нього обумовлена зміною в'язкості розчину, завжди супроводжуваним зміною показника фільтрації.

Процес фільтрації бурового розчину на забої свердловини послаблює опірність породи за рахунок розклинюючого впливу проникаючого в пори і мікротріщини породи фільтрату, що цілком відповідає відомим положенням теорії П.А. Ребіндера. Крім того, проникаючий на забій фільтрат сприяє вирівнюванню тисків над сколотою часткою і під нею, і таким чином створює сприятливі умови для очищення забою від уламків породи.

Однак слід мати на увазі не інтегральну величину показника фільтрації, а його миттєве значення в початковий період процесу. Очевидно, що з двох бурових розчинів з однаковими значеннями інтегрального показника фільтрації кращим є той, у якого вище швидкість фільтрації в початковий момент часу.

Незважаючи на відсутність теоретичних і експериментальних основ для розробки вимог до величини показника фільтрації бурового розчину, при його виборі можна керуватися наступною загальною вимогою: швидкість фільтрації бурового розчину повинна різко зменшуватися з плином часу до нуля, забезпечуючи інтегральну величину показника фільтрації за 30 хв, необхідну для запобігання ускладнень в стовбурі свердловини.

У всіх випадках необхідно прагнути до зменшення товщини фільтраційної кірки. Товщина фільтраційної кірки істотно залежить від диференціального тиску в свердловині, проникності порід і в'язкості фільтрату бурового розчину. Для того щоб зменшити товщину фільтраційної кірки, необхідно в першу чергу знизити диференціальний тиск в свердловині. При збалансованому тиску в свердловині, коли диференціальний тиск на забої дорівнює нулю, фільтраційна кірка на забої не утворюється.

В'язкість. Вимога до значення в'язкості розчину однозначна: воно повинно бути мінімальним. Зі зменшенням в'язкості відзначається загальний позитивний ефект буріння: знижуються енергетичні витрати на циркуляцію бурового розчину, поліпшується очищення забою за рахунок ранньої турбулізації потоку під ПРІ, з'являється можливість реалізувати велику гідравлічну потужність на ПРІ, зменшуються втрати тиску в кільцевому просторі свердловини. У гідротранспорті шламу на денну поверхню роль в'язкості бурового розчину підпорядкована. Тому при бурінні свердловин необхідно прагнути до утримання мінімально можливої умовної і пластичної в'язкості розчину.

Динамічна напруга зсуву. Очищення свердловини від шламу визначається головним чином двома факторами: швидкістю висхідного потоку і динамічною напругою зсуву бурового розчину (або гранично динамічною напругою зсуву ГДНС).

ГДНС характеризує опір при течії, обумовлену електричними силами тяжіння-відштовхування, існуючими між сольватованими частинками. Значення залежить від концентрації дисперсної фази, ступеня іонізації, концентрації і природи іонів в дисперсійному середовищі і концентрації полімеру в системі. Зміну обумовлено головним чином зміною концентрації полімерів і їх адсорбцією, що зміщують рівновагу сил тяжіння і відштовхування.

РОЗДІЛ 2. ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ ДОЛІТ

2.1 Підбір мастила для підшипника

Найважливішим напрямком зниження собівартості бурових робіт є вдосконалення конструкцій шарошечних доліт. Зі зростанням глибин свердловин вимоги до стійкості доліт значно підвищилися. Аналіз джерел інформації та патентної документації свідчать про інтенсивний розвиток у напрямку створення раціональної та ефективної системи змащення та охолодження опори шарошки долота. Відомо, що стійкість опори шарошок є одним з факторів, від якого залежить ефективність застосування того чи іншого шарошечного долота [7]. З практики буріння відомо, що опори при бурінні часто виходять з ладу до того, як зноситься їх озброєння. Підвищення стійкості опор доліт може бути досягнуто поліпшенням систем їх охолодження і змащення.

Для ефективної і надійної роботи підшипників необхідно їх своєчасне змазування. При цьому економія на мастилі неприпустима, її якість-запорука довготривалої експлуатації всього механізму.

Опора шарошки в залежності від типу доліт конструюється з різних поєднань кулькових, роликів і підшипників ковзання. Опора є найбільш відповідальним вузлом долота, від якого залежить довговічність роботи долота. Осьові навантаження вузлом передаються на лапу, а потім на корпус долота (радіальні ж навантаження вище осьових). Для поліпшення роботи опор в порожнину шарошки водиться консистентне мастило, воно покращує умови роботи підшипника, зменшує силу тертя і служить для поліпшення тепловіддачі. Щоб уникнути попадання бурового розчину в порожнину шарошки, вона герметизується. Зараз розроблені і застосовуються долота з компенсатором тиску – цей пристрій захищає шарошку від попадання в неї бурового розчину. Між шарошкою і цапфою знаходяться підшипники. Мастило підшипників здійснюється двома способами:

1. Буровим розчином, тоді у шарошки є отвори;

2. Масло, тоді опора герметизується і встановлюються ущільнювачі, в лапі є канали, по яких масло надходить в підшипники.

Основним призначенням мастильних матеріалів для підшипників кочення є:

- зниження ковзання між поверхнями кочення, яке виникає в слідстві пружних контактних деформацій при роботі підшипників під впливом навантаження;
- досягнення максимального ущільнення корпусу для запобігання попадання в нього бруду, піску та інших абразивних речовин;
- зниження тертя між торцями роликів і бортами кілець, між сепаратором і тілами кочення (роліками, кульками);
- рівномірний розподіл тепла по всіх елементах підшипника і його захист від перегріву;
- антикорозійний захист робочої поверхні кілець і тіл кочення.

Загальні вимоги до мастил:

- наявність фізичної та хімічної стабільності;
- не волокниста структура, хороша пластичність і відсутність розшаровування;
- відсутність кородуючих речовин, наприклад, вільних кислот;
- відсутність різкої зміни в'язкості в процесі роботи;
- відсутність механічних домішок, а також кількості вологи, що перевищує нормативи ТУ або ДСТУ.

Вибір якісних мастил.

Залежно від конструкційних особливостей і критеріїв роботи підшипників кочення, підбирається вид мастильних матеріалів.

Консистентні мастила або, так звані, рідкі масла є найкращим видом мастила. При виборі мастильних матеріалів враховують робочу температуру, швидкість і навантаження на забій.

Збільшення даних параметрів вимагає масла з більшим ступенем в'язкості (високотемпературного мастила). При зниженні навантажень, швидкості і

температури можна використовувати мастило низької в'язкості.

Варто відзначити, що для змащення не рекомендується використання сумішей на основі мастил рослинного і тваринного походження в чистому вигляді, оскільки вони відрізняються значним вмістом органічних кислот, здатних провокувати виникнення корозії, а також здатні при роботі змінювати свої фізичні і хімічні властивості.

Залежно від конструкційних особливостей і критеріїв роботи підшипників кочення, підбирається вид мастильних матеріалів. Консистентні мастила або, так звані, рідкі масла є найкращим видом мастила.

При виборі мастильних матеріалів враховують робочу температуру, швидкість і навантаження на забій (рис. 2.1) [8].

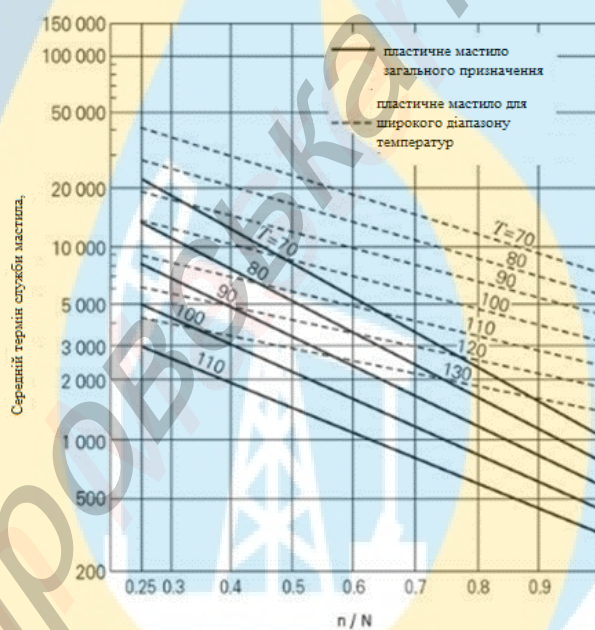


Рисунок 2.1 – Середні показники термінів відпрацювання мастил

Такі мастила являють собою пластичні колоїдальні системи, при температурі від 20 до 30°C зберігають задану форму і складаються з загусника і мінерального масла. Пластичний затвор, який вони формують між корпусом і валом, блокує проникнення до робочих поверхонь бруду і абразивних речовин.

Найбільш широко застосовують мастила, загусниками яких є літєві, свинцеві, дюралеві, кальцієві, натрієві, кальцій-натрієві та інші. Мастила

кальцієві (солідоли жирові Л, М і Т) не розчиняються у воді і можуть використовуватися при високій вологості. Мاستила натрієві (мастило КВ-УТМ, консталін СК-УТС-І і консталін УТ-І) виробляються на маслах, вони дуже чутливі до вологи і при змішуванні з нею утворюють емульсію, легко змиваються з робочих елементів виробу. Мاستила кальцій-натрієві (№1-13 затв, ПП 1) менш чутливі до вологи і можуть бути використані при високій вологості. Крім цього, існують мастила спеціального призначення, наприклад, циагим 201-УТВМ-І, для змазування маленьких підшипників, функціонують при позитивних і негативних температурах, а також підшипників закритого типу.

Мастило в них поміщається ще при складанні на заводі і не призначене для заміни в процесі експлуатації.

Unirex™ S 2 – високотемпературне пластичне мастило з загусником на основі літєвого комплексу і базовим синтетичним поліефірним маслом, що містить ефективні присадки, що підвищують її експлуатаційні характеристики (рис.2.2). Воно відмінно підходить для застосування у високотемпературних умовах, і має рекомендовану верхню межу робочої температури 200°C відповідно до ASTM D3336. Крім того, це мастило має відмінну стійкість до окислення і володіє хорошими антикорозійними властивостями.



Рисунок 2.2 – Пластичне мастило Unirex

Особливості та потенційні переваги:

Пластичне мастило Unirex S 2 спеціально розроблене для умов високих температур, в яких мастила на основі мінеральних мастил не можуть забезпечувати достатньо надійного захисту. Базове масло на поліефірній основі має низьку летючість при підвищених робочих температурах, що може забезпечити більш тривалий термін служби в порівнянні зі звичайними продуктами на основі мінеральних мастил. Unirex S 2 підходить для роботи в умовах високих температур, щоб уникнути частої заміни мастила. Характеристика мастила приведена в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Характеристики пластичного мастила Unirex S 2 [9].

| Властивості | Unirex S 2 |
|---|-------------------------|
| Клас за NLGI | 2 |
| Тип загусника | Літієвий комплекс |
| Колір, візуально | Помаранчевий/Коричневий |
| Показник пенетрації перемішаних мастил, ASTM D 217, мм/10 | 280 |
| Температура краплепадіння, ASTM D 2265, °C | 280 |
| Діаметр плями зносу на ЧШМ, ASTM D 2266, мм | 0,60 |
| В'язкість базового масла при 40°C, ASTM D 445, сСт | 170 |
| Відділення масла при зберіганні, ASTM D 1742, % мас. | 3 |
| Тривалість ефективного змазування при 204°C, ASTM D 3336, години | 500 |
| Захист від корозії, ASTM D 1743, режим роботи | Витримує |
| Випробування на 4х-кульковій машині, ASTM D 2596, навантаження зварювання, кг | 160 |

Цей продукт забезпечує наступні експлуатаційні переваги:

- Чудова робота в умовах високих температур з більш високою ефективністю змазування і захистом від зносу, ніж при застосуванні звичайних мастил
- Низька летючість базового масла сприяє більш тривалому терміну служби і збільшенню інтервалів заміни мастила
- Верхня межа робочої температури 200°C, на основі підтверджених високотемпературних експлуатаційних властивостей відповідно до ASTM D3336.

2.2 Опора шарошечного долота

Опори шарошок залежно від типорозміру доліт конструюються з різних поєднань кулькових (рис.2.3, а - б) і роликів (рис.2.3, в - г) підшипників кочення і підшипників ковзання (рис.3.3, д). У опорах бурових доліт як радіальні використовуються підшипники роликів, кулькові і ковзання, радіально-упорні - кулькові підшипники, упорні - підшипники ковзання.

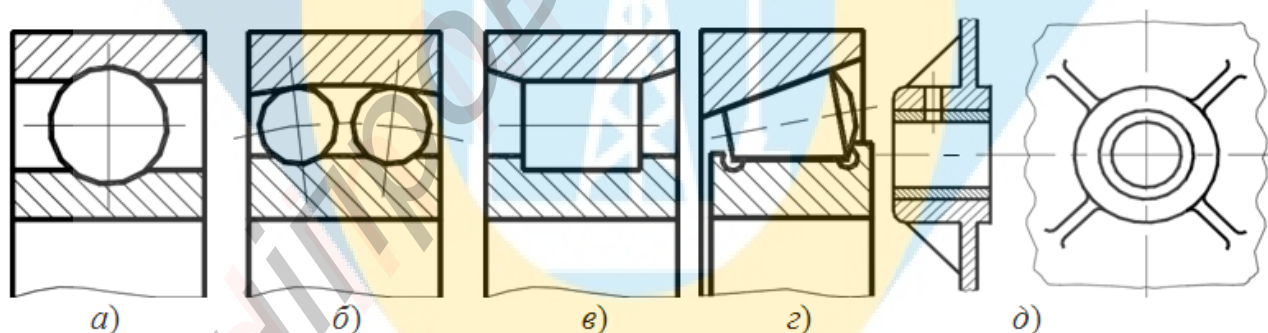


Рисунок 2.3 – Опори шарошок

На рис. Зображена деталізація опори шарошечного долота:

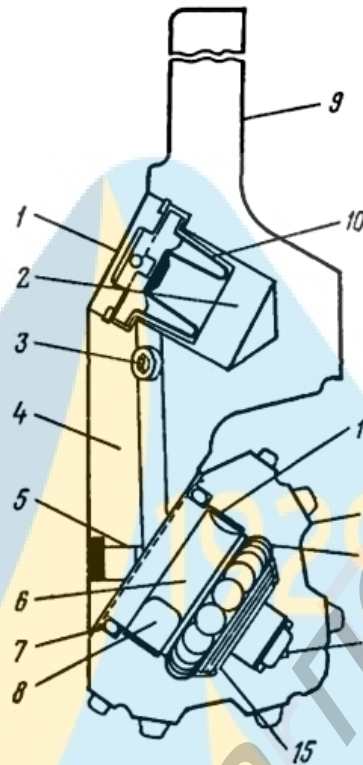


Рисунок 2.4 – Деталізація опори шарошки: 1 - зрівняльні отвори; 2 - резервуар з мастилом, 3 - отвір для заповнення мастилом, 4 - канал для мастила, 5 - замковий палець, 6 - кільцевий шар мастила, 7 - сальникове ущільнення, 8 - шар твердого сплаву на цапфі, 9 - лапа, 10 - мембрана для зрівнювання тиску; 11 - шар спеціального покриття для швидкого відведення тепла на внутрішній поверхні шарошки, 12 - шарошка, 13 - кульковий підшипник, 14 - п'ята, 15 - шар твердого сплаву на навантаженій поверхні цапфи

В останні роки більше застосування знаходять долота з герметизованою опорою (рис. 2.5), у яких спеціальне мастило надходить до підшипників з еластичного балона за наявним в лапі і цапфі каналу. Проникненню бурового розчину в порожнину такої опори і витоку мастила перешкоджає жорстка ущільнювальна манжета. Довговічність таких доліт при обмеженій частоті обертів перевершує довговічність доліт з відкритою опорою.

Найбільш близьким до запропонованого по технічній сутності результату є герметизована опора шарошечного долота, що містить лапу з похилою цапфою, виконаними з каналами для подачі мастила, шарошку, встановлену на цапфі за допомогою замкового підшипника, і розміщене в виточку ущільнювальне еластичне кільце.

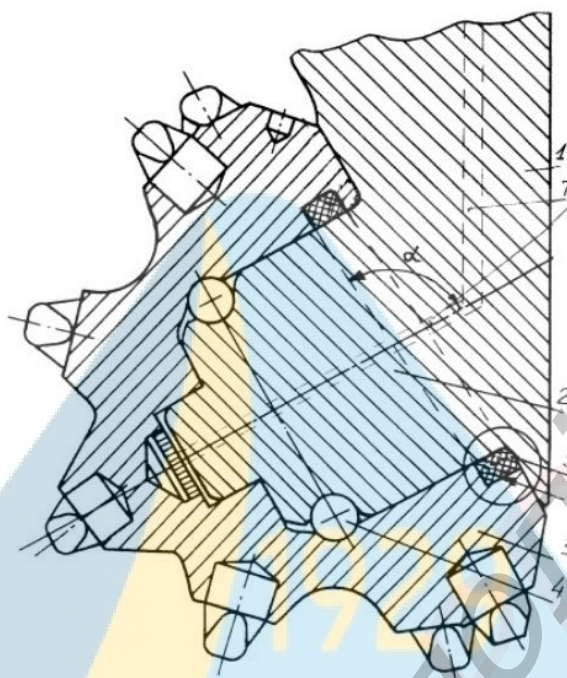


Рисунок 2.5 – Герметизована опора шарошечного долота

В даному долоті завдяки використанню системи змащення підвищується працездатність опори. До недоліків даної конструкції опори бурового долота слід віднести те, що в ній не виключається потрапляння шламу в порожнину шарошки і порівняно швидка розгерметизація опори.

Зазначений технічний результат досягається тим, що в герметизованій опорі шарошечного долота, міститься лапа з похилою цапфою, виконаними з каналами для подачі мастила, шарошку, встановлену на цапфі за допомогою замкового підшипника, і розміщене виточками ущільнювальне еластичне кільце, згідно винаходу, виточення під вузол герметизації виконане під кутом до поздовжньої осі цапфи.

Вирішенню поставленого завдання сприяє також і те, що верхня частина виточки під кільце ущільнювача зміщена щодо її нижньої частини в сторону осі долота.

Винахід пояснюється кресленням, на якому зображений загальний вигляд опори долота в розрізі.

Опора бурового шарошечного долота (рис.2.6; рис.2.7) включає лапу 1, цапфу 2, шарошку 3 з замковим підшипником 4 і еластичне кільце ущільнювача

5, розміщене в виточці 6 цапфи 2 або шарошки 3. Лапа 1 і цапфа 2 виконані з каналами 7 для подачі мастила з мастило наповненої ємності (не показана). Шарошка 3 закріплена на цапфі 2 за допомогою замкового підшипника 4. У запропонованій опорі виточка 6 під кільце ущільнювача 5 виконана не перпендикулярно до поздовжньої осі цапфи 2, а під кутом – α , при цьому верхня частина виточки 6 під кільце ущільнювача 5 зміщена щодо її нижньої частини в сторону осі долота.

Принцип роботи опори долота полягає в наступному. В процесі буріння кільце ущільнювача 5 при розташуванні його в кільцевій виточці 6 в шарошці 3 обертається разом шарошкою 3 навколо цапфи 2, постійно контактуючи з нею завдяки силам пружності і оберігає опору від попадання бурового шламу. У разі розміщення кільця ущільнювача 5 в виточці 6 цапфи 2 робоча поверхня його постійно контактує з внутрішньою поверхнею шарошки 3 і також забезпечує надійну герметизацію опори, перекриваючи зазор між шарошкою 3 і цапфою 2. Цьому сприяє виконання виточки 6 під кутом – α до поздовжньої осі цапфи 2. Розташування ущільнювального кільця 5 під кутом до ущільнюваної поверхні цапфи 2 або шарошки 3 практично виключає проворот кільця 5 щодо них. А це, з одного боку, підвищує надійність герметизації опори, а з іншого боку, значно зменшує знос самого кільця 5, що збільшує термін його служби і опори в цілому. Розташування ж верхньої частини виточки 6 під кільце ущільнювача 5 зі зміщенням щодо її нижньої частини в сторону осі долота дозволяє успішно боротися проти «насосного ефекту», що виникає внаслідок різної швидкості руху тіл кочення в навантаженої і ненавантаженої зонах опори і ведучого до підсосу шламу з затрубного простору і вимивання мастила з порожнини шарошки, що значно знижує як проходку на долото, так і швидкість буріння.

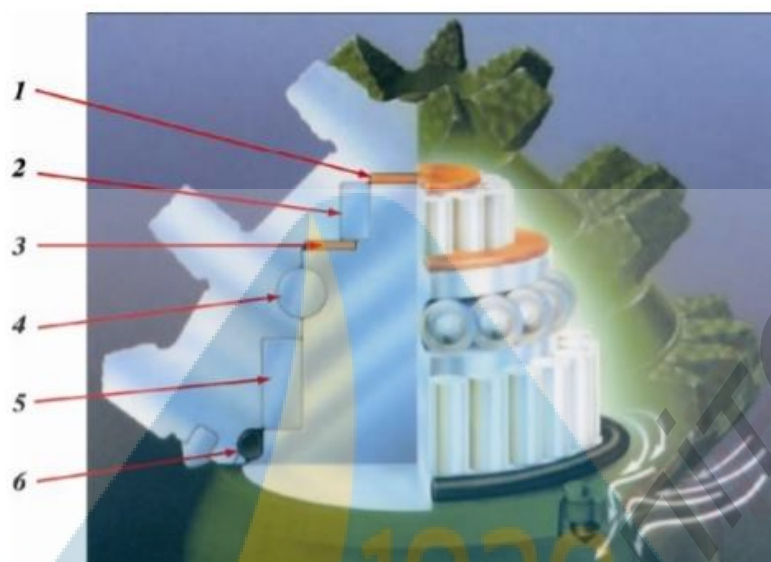


Рисунок 2.6 – Герметизована опора кочення (для високооборотного буріння $n \geq 450$ об/хв): 1 – Упорна п'ята; 2 – роликовий підшипник; 3 – упорна шайба; 4 – замковий кульковий підшипник; 5 – роликовий підшипник; 6 – сальникове ущільнення

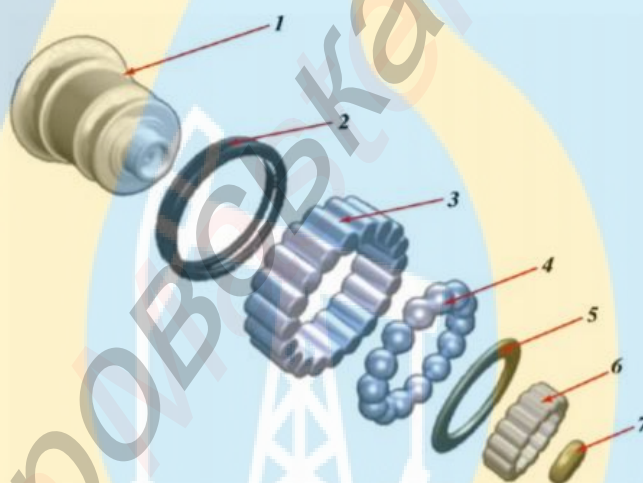


Рисунок 2.7 – Схема герметизованої опори кочення (ВУ) (для високооборотного буріння $n \geq 450$ об / хв): 1 – підшипниковий вал (цапфа); 2 – сальник; 3 – ролики; 4 – кульки (замкові); 5 – стійка шайба; 6 – ролики; 7 – упорна п'ята

Застосування доліт із запропонованою опорою дозволяє підвищити техніко-економічні показники бурових робіт в першу чергу за рахунок підвищення терміну служби опори, завдяки надійній герметизації порожнини опори, що особливо важливо при бурінні по абразивних породах.

2.3 Застосування твердих мастил

В останні роки вимоги до зниження тертя і зносу, механічні забої в рухомих механічних системах отримали підвищену увагу через несприятливий вплив тертя на ефективність, довговічність і екологічність систем. Тривають дослідження нових матеріалів, покриттів і мастильних матеріалів (як рідких, так і твердих), які потенційно можуть зменшити тертя і знос матеріалів. Мастила з твердими компонентами наносяться або як покриття, або використовуються в складі мастил. Тверді мастильні покриття дають надзвичайно низький коефіцієнт тертя і тривалий термін служби.

Більшість компонентів в рухомих механічних системах виготовлені з металевих матеріалів, які повинні, перш за все, відповідати механічним і фізичним властивостям, таким як міцність, жорсткість, теплове розширення і демпфірування, на додаток до трибологічних властивостей. Тверде змазування в сучасному світі стало невід'ємною частиною матеріалознавства і машинобудування. Мастильні матеріали можуть використовуватися в різних формах для досягнення поставлених цілей. Основні способи застосування твердих мастильних матеріалів:

1). Змішування з маслами – це дисперсії твердих мастил в маслах або суспензіях. Іноді тверді компоненти також додаються в пластичне мастило, щоб поліпшити необхідні властивості.

2). Сухе покриття. При сухому покритті тверді мастильні матеріали наносяться або розпорошуються на поверхні, а потім висушуються. Розпилення – це ще один процес, який використовується для сухого покриття. Це робиться у вакуумі; тверді мастила, такі як дисульфід молібдену, поміщають на катод і бомбардують іонами інертного газу для накопичення викинутих частинок на твердих поверхнях для нанесення на покриття. Іонне покриття є ще одним методом обробки сухого покриття. Цей процес також виконується у вакуумному середовищі. Матеріал покриття (такий як золото або срібло) іонізується і прискорюється електричним полем для нанесення металевого покриття.

3). Композитні матеріали: у композитах тверді мастильні матеріали використовуються для заповнення нерівностей поверхні смол і кераміки.

4). Тверді мастильні матеріали наносяться безпосередньо на поверхні ковзання.

Методи мінімізації втрат на тертя мають велике значення; мастила на основі мінеральних або синтетичних мастил є найбільш популярним рішенням проблем, пов'язаних з тертям і зносом, для багатьох застосувань в стаціонарному режимі. В оптимальних умовах масла можуть значно знизити втрати на тертя, а також мінімізувати знос. Зниження тертя і зносу зазвичай досягається шляхом введення тонкої плівки рідкого шару між контактуючими поверхнями.

При виборі твердого мастила необхідно в першу чергу врахувати властивості даного матеріалу. Тверді мастила характеризуються високими антифрикційними властивостями, що пояснюється їх пластинчастою структурою. Для зміщення пластин не потрібно докладання будь-яких помітних зусиль і, відповідно, показники сили тертя зводяться до нуля. Крім вищевказаних мастил широко застосовуються дисульфід вольфраму, різні оксиди, нітрид бору, а також фтористі сполуки.

В основному в вузлах тертя використовуються рідкі або напіврідкі мастильні матеріали, подібні олів і пластичних мастил. Такі матеріали використовують у багатьох механізмах, шестерних передачах, підшипниках і т.д. Іншими мастильними матеріалами, що мають велику історію, є тверді мастила. Тверді мастильні матеріали призначені для зменшення коефіцієнта тертя і зносу сполучених деталей, поверхні яких переміщаються відносно один одного. Основні типи твердих мастил і їх застосування представлені в табл. 2.2 [10].

Літол 24 – це одна з найпопулярніших мастил на сьогоднішній день. Вона широко використовується практично у всіх сферах – від промисловості до побуту. Навіть сама назва Літол стала вже прозивним ім'ям, яке застосовують до багатьох літєвих мастил (рис. 2.8)

Таблиця 2.2 – Тверді мастила і техніка їх застосування

| Мастило | Особливості застосування |
|---|--|
| Порошкоподібні | Найпростіший тип твердого мастила, що зменшує тертя і знос поверхонь, що труться, на які вони нанесені, є порошкоподібне мастило (графіт). Це мастило наноситься або натирається на поверхню деталей у вигляді порошку. |
| Тверде мастило з полімерним сполученням | Складається з порошкоподібного твердого мастила (пігменту) і сполучного. Пігментом може служити одна з порошкоподібних мастил. Сполучна покращує адгезію порошкоподібного мастила до поверхні, що треться. Такі матеріали схожі з барвниками, в яких смоли утримують пігменти у поверхні, що фарбується. |
| М'які метали | М'які метали або сплави, мають низький опір зсуву і знижують знос і тертя контактуючих поверхонь більш твердих металів. Як приклад – свинцеві плівки на поверхні сталі. |
| Зносостійкі антифрикційні неметалеві покриття | За призначенням не відрізняється від металевих покриттів. До них відносяться керамічні покриття. |
| Хімічні та гальванічні покриття | До них відносяться фосфатування і хромування поверхонь підшипників. Часто застосовується в поєднанні з рідкими мастильними матеріалами, але можуть використовуватися і без мастильних матеріалів. |

Головною перевагою Літол – 24 є висока механічна стабільність, за рахунок якої матеріал застосовується у вузлах, що працюють під впливом підвищених навантажень. Діапазон робочих температур пластичного мастила становить від -40°C до $+120^{\circ}\text{C}$. завдяки цьому склад широко застосовується в різних підшипниках, які нагріваються в процесі роботи, в ходовій частині транспортних засобів та інших вузлах. Незважаючи на те, що нижня межа робочої температури літолу становить -40°C , свої властивості він починає втрачати вже при -30°C . Але в процесі роботи вузли, які змащені даним мастилом, нагріваються, що відновлює властивості матеріалу.

У плані безпеки Літол відноситься до 4 класу. Це означає, що дане мастило нешкідливе для навколишнього середовища і людини. Але, тим не менш, при роботі з ним потрібно дотримуватися діючих вимог охорони праці на підприємствах. Приміщення, в яких ведуться роботи з мастилом повинно мати припливну і витяжну систему вентиляції.



Рисунок 2.8 – Мастило Літол-24

Не слід забувати і про те, що Літол-24 горючий і його температура спалаху у відкритому стані становить $+199^{\circ}\text{C}$, в закритому – $+183^{\circ}\text{C}$. У разі загоряння гасіння можна проводити пінами ПО-3А або ПО-1Д, а також розпоршуючи воду.

Незаперечною перевагою є вода і вологостійкість. Захисна плівка, утворена на поверхнях, перешкоджає проникненню води і не вимивається з плином часу.

Крім перерахованих вище, Літол-24 має і інші властивості:

- Не містить у своєму складі води
- Відрізняється високою колоїдною, механічною і хімічною стабільністю
- Стійкий до впливу киплячої води
- Не змінює щільності при нагріванні
- Має дуже високу міцність на зсув/розрив
- Володіє високими зволожуючими властивостями
- Клас консистенції по NLGI-3
- Температура краплепадіння не менше $+180^{\circ}\text{C}$
- Не проводить електрику

2.4 Газо-рідинні системи для буріння свердловин

Газорідинні системи, що використовуються в якості самостійних очисних агентів, діляться на аеровані рідини, тумани і піни. Піни представляють собою, як правило, багатофазні дисперсні системи, в яких дисперсійним середовищем служить рідина, а дисперсною фазою – газ. Аеровані рідини відрізняються від піни тим, що в них концентрація газу значно нижче, бульбашки газу не пов'язані між собою і мають кулясту форму. До піни відносяться дисперсні системи, в яких газоподібна фаза становить основну частину обсягу – до 99% [10].

Ряд істотних технологічних переваг газорідинних систем обумовлюється відомими перевагами вхідних в них компонентів – рідини і газу. Так, успіх, що досягається від застосування газорідинних систем, пояснюється присутністю в них газової фази, що дозволяє в широкому діапазоні знижувати, наприклад, гідростатичний тиск стовпа очисного агента, забезпечувати найкращі умови видалення зі свердловини бурового шламів і т.д. Однак рідка фаза, яка містить різні поверхнево-активні речовини (ПАР), хімічні реагенти (КМЦ, ГПАН і ін.), А також глино порошок, змащувальні, інгібуючі, протиморозні і інші добавки,

що дозволяють підвищити показники буріння, створює кращі умови для нормального охолодження і роботи породоруйнуючого інструменту в порівнянні з продувкою свердловини стисненим повітрям.

В даний час газорідні системи застосовуються при бурінні свердловин на тверді, рідкі (нафта, воду) і газоподібні корисні копалини (газ, геотермії). Вони використовуються при обертальному (з двигуном на поверхні і з занурювальним двигуном – турбобуром, електробурів), а також при ударно-обертальному, керновим і бескерновим бурінні.

Результати буріння свердловин на півночі Канади показали, що застосування прісної стабільної піни в породах з негативними температурами небажано. Піна з температурою на 2-7°C вище точки замерзання вже через 1,5 години після припинення циркуляції замерзала, тому до складу піни рекомендується додавати протиморозні добавки. Для запобігання замерзання піни в зимових умовах в маніфольді існують різні способи. Г. Андерсон наводить дані, що при температурі повітря мінус 44-56°C при бурінні свердловин в районі Арктичного Юкону в Канаді трубопроводи розміщували в теплоізольованому підігрітому парю кожусі, вода також нагрівалася паром.

Багато авторів вказують, що при використанні піни різко скоротилися прихвати бурового інструменту в свердловині і знизилася корозійна агресія. Відзначається зниження витрат дизельного палива до 30% в порівнянні з продувкою свердловин стисненим повітрям. Експлуатаційні витрати при бурінні з піною по багаторічно мерзлим породам виявилися майже в два рази нижче, ніж при бурінні з продувкою стисненим повітрям. Застосування піни також сприяє зменшенню забруднення навколишнього середовища.

Піна, як і всякий очисної агент, не є універсальною. Її не слід застосовувати при бурінні незцементованих пухких відкладень, сильно обводнених порід з притоками понад 31,7 м³/год, а також високонапірних пластів, де тиск перевищує вагу стовпа піни в свердловині.

Аеровані рідини на водній і неводних засадах отримують введенням газу або повітря в різні промивні розчини. При цьому розрізняють безкомпресорний

і компресорний способи.

Введенням ПАР в рідину, аерованої будь-яким із зазначених способів, забезпечуються стабілізація дисперсної системи, поліпшення умов видалення частинок розбуреної породи з забою і зі свердловини на поверхню в результаті високих змочуючих і флотуючих властивостей ПАР, запобігання агрегування частинок розбуреної породи, зниження кородуючої дії повітря в дисперсних системах і т.д.

2.5 Поверхнево – активні антифрикційні добавки

Це з'єднання, які додаються в мастильний склад для поліпшення властивостей і утворення додаткового покриття, що продовжує термін служби деталей. Існує кілька різновидів добавок:

1. Реметалізатори – утворюють плакуючий захисний шар всередині подряпин і пошкоджень механізмів. Метали, включені до складу добавки, мають більш високий рівень м'якості, ніж у матеріалів, з яких виготовлена деталь.
2. Добавки з тефлоном – осідають на нерухомих поверхнях механізмів, забезпечуючи їм додатковий захист.
3. Відновлювальні суміші з мінералів – містять розгалужені макромолекули, в яких є атоми металу. При попаданні в масло, що зв'язує частину молекули розпадається. Вивільнені атоми металу прилипають до гарячих поверхонь робочих компонентів, заповнюючи існуючі мікротріщини.
4. Полімери – збільшують захисні властивості речовин і покращують їх якість. При використанні полімерів зменшується коефіцієнт тертя, збільшується потужність автомобільних двигунів і знижується витрата бензину.

Антифрикційні покриття можуть бути задіяні в будь-якому механізмі, де є рухливі компоненти. Практично всі двигуни, шарніри, редуктори та передавальні пристрої повинні мати в конструкції речовини, що поліпшують ковзання. Конкретний склад матеріалів встановлюється розробниками

обладнання і вноситься в конструкторські папери. Застосування антифрикційних речовин, що не входять в базову комплектацію механізмів, також рекомендується виробниками [11].

Принцип роботи реметалізаторів досить простий для розуміння. При попаданні в моторне масло вони переносяться разом з ним до змащувальних вузлів. Моторна рідина з реметалізаторами проникає вглиб подряпин і пошкоджень двигуна, формуючи захисний шар, який по-іншому називається плакуючим. Через це метали, що входять до складу реметалізаторів, мають більший показник м'якості на відміну від тих, з яких зроблена деталь агрегату. Згодом захисний шар буде зношуватися, поки зовсім не зникне. У таких випадках доведеться знову проводити добавку цих матеріалів в масло, інакше ніякої користі двигун не отримає.

Добавки на основі тефлону також повинні постійно бути присутнім в складі масляної рідини для двигуна. Такі автомобільні присадки осідають на нерухомих частинах механізмів двигуна. Це пояснюється здатністю тефлону рівномірно осідати на металевій поверхні.

Відновлювальні порошки мінерального характеру мають в своєму хімічному складі змійовик. Розгалужену макромолекулу, що містять приєднані атоми металу, наприклад, молібдену. При попаданні в масло, єднальна частина такої макромолекули, починає розпадатися на складові елементи. Вивільняються атоми металу притягуються до гарячих стінок робочого елемента, наприклад, поршня, і заповнюють наявні на ньому мікротріщини. Не варто зловживати застосуванням таких присадок, так як вони можуть накопичуватися на робочих поверхнях, змінюючи їх розміри.

Полімери, як антифрикційна добавка, були винайдені для постійного заливання в масляну систему двигунів. Вони підвищують захисні властивості масел, грубо кажучи покращуючи їх якість. Крім зменшення тертя і зносу, вони підвищують рівень потужності двигуна, істотно знижуючи витрату бензину при русі. Однак якщо постійно користуватися присадками з полімерів, то з часом вони починають накопичуватися в зайвій кількості в масляному фільтрі, що

призводить до його «забивання» і, як наслідок, можливого виходу з ладу масляного насоса.

Переваги використання антифрикційних добавок:

використання таких складів істотно знижує загальний рівень зносу деталей і агрегатів, помітно збільшуючи термін їх експлуатації. Ці добавки знижують ймовірність відмови механізму під час роботи, надійно захищаючи поверхні деталей.

За рахунок більш гарного ковзання елементів, знижується шумовий ефект при роботі агрегату. Витрата палива, при правильному застосуванні добавок в двигунах внутрішнього згоряння зменшується, що сприятливо позначається на фінансах власника техніки.

До недоліків можна віднести той факт, що окремі складові антифрикційних добавок і матеріалів можуть негативно впливати на деякі інші елементи механізму, наприклад, забивати канали систем фільтрації, або технологічні отвори масло знімних пристроїв.

Таким чином, антифрикційні матеріали і добавки є важливою частиною галузі промислової хімії і машинобудування. Вони допоможуть підвищити якість роботи агрегатів і вузлів техніки.

РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЧНІ РЕЖИМИ ВІДПРАЦЮВАННЯ ШАРОШЕЧНИХ ДОЛІТ

3.1 Вплив осьового навантаження на механічну швидкість буріння

Ефективність буріння залежить від комплексу факторів: осьового навантаження на долото, частоти обертання долота, витрати бурового розчину і параметрів якості бурового розчину, типу долота, геологічних умов, механічних властивостей гірських порід (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

Матеріали відпрацювання шарошечних доліт на площах Дніпровсько-Донецькій западині

| Ділянка бурових робіт і тип свердловини | Типорозмір долота | Нормативна проходка на долото, м | Фактична проходка на долото, м | Причина виходу долота з ладу | Примітка |
|--|-------------------|----------------------------------|--------------------------------|------------------------------|--|
| Ярошівська – експлуатаційна | ПЗ393,7С-ЦВ | 140 | 50,6 | зношення озброєння | катастрофічне зменшення висоти зубів |
| Копилівська – розвідувальна, похилоспрямована | ПЗ393,7С-ГВ | 170 | 67,6 | вихід з ладу опори | викрошування контактних поверхонь вузлів опори |
| Яблунівська – експлуатаційна, похилоспрямована | ПЗ269,9С-ГВ | 110 | 50 | вихід з ладу опори | деформація тіл кочення |
| Гадяцька – експлуатаційна, похилоспрямована | ПЗ269,9СЗ-ГН | 80 | 29 | зношення озброєння | абразивне руйнування зубків |

Механічна швидкість буріння оптимізується в сторону максимальних значень під впливом основних параметрів режиму буріння – осьового зусилля, частоти обертання, виду, кількості і якості очисного агента (табл.3.2).

При цьому ефективність буріння в цілому визначається обсягом зруйнованої буровим інструментом породи в одиницю часу, який безпосередньо пов'язаний з величиною потужності N , що підводиться до забою [13].

Характеристика механічних властивостей типових гірських порід площ Дніпровсько-Донецької западини

| Перебурювані літологічні різниці | Орієнтовна міцність порід, МПа |
|--|--------------------------------|
| Слабозцементовані піщаники, мергель, вапняк-черепашечник, щільна глина | 250 - 500 |
| Сланці глинясті, піщано-глинясті, слабкі піщаники, щільні мергелі, нещільні вапняки і доломіти | 500 - 1000 |
| Сланці хлоритові, аргіліти, вапняки, мергелясті доломіти | 1000 - 1500 |
| Сланці глинясті, пісковики, конгломерати осадових порід на вапняному цементі, апатити | 1500 - 2000 |

При цьому ефективність буріння в цілому визначається обсягом зруйнованої буровим інструментом породи в одиницю часу, який безпосередньо пов'язаний з величиною потужності N , що підводиться до забою [13].

Обсяг породи, що руйнується в одиницю часу, можна встановити з залежності:

$$V = \frac{N}{A_V} \quad (3.1)$$

де N – потужність, підведена до забою для руйнування породи в одиницю часу, кВт·год;

A_V – енергоємність руйнування породи певного обсягу, кВт/м³.

Обсяг зруйнованої в одиницю часу породи можна визначити, використовуючи значення швидкості буріння:

$$V = v_M F \quad (3.2)$$

де v_M – механічна швидкість буріння, м/год;

F – площа забою свердловини, м².

З рівності вищенаведених формул для визначення обсягу зруйнованої породи отримаємо:

$$v = \frac{N}{A_V F} \quad (3.3)$$

З цього виразу випливає загальна і основна формулювання залежності швидкості буріння від основних факторів:

механічна швидкість буріння пропорційна кількості підведеної до забою потужності, обернено пропорційна енергоємності руйнування породи і площі забою.

При передачі енергії від джерела – бурового верстата до забою для руйнування гірської породи частина енергії витрачається на роботу бурильної колони. Тому з метою оцінки і мінімізації втрат енергії при її передачі до забою через бурильну колону слід параметр N уявити, як різницю потужності, виробленої буровим верстатом $N_{об.}$, і втрат потужності в системі «бурильна колона – свердловина» $N_{п.}$. Тоді вираз (1.3) можна уявити в розгорнутому вигляді:

$$v_M = \frac{N_{об.} - N_{п.}}{A_V F} \quad (3.4)$$

З цієї залежності випливає, що з точки зору оптимізації процесу буріння вкрай важливо враховувати не тільки рівень споживання енергії на забої для руйнування породи, але і втрати енергії на шляху до забою. Останнє можливе лише з позицій оптимізації системи «свердловина – колона», конструкції і умов роботи бурильної колони в свердловині (рис. 3.1).

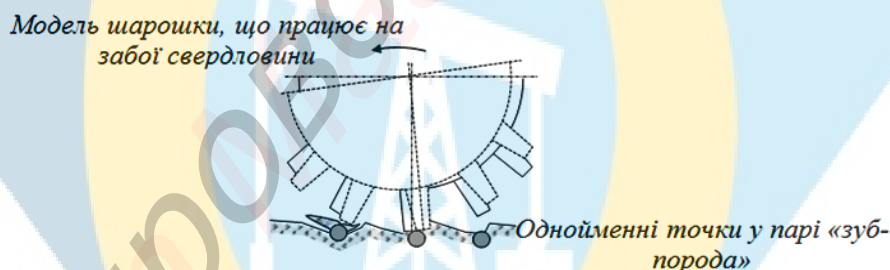


Рисунок 3.1 – Аномальний режим взаємодії зубів шарошок із гірською породою

Таким чином, інтенсифікація процесу руйнування гірської породи при бурінні може здійснюватися:

- внаслідок збільшення переданої гірській породі енергії, що передбачає також необхідність зниження її втрат при передачі від джерела енергії до забою свердловини;
- зменшення енергоємності процесу руйнування гірської породи;
- зменшення площі забою свердловини.

Узагальнений параметр режиму роботи породоруйнуючого інструменту при обертальному бурінні – реалізована на забої потужність:

$$N = \frac{\mu_k P_{oc} R \omega}{97,5} \quad (3.5)$$

де μ_k – коефіцієнт опору породи обертанню бурового інструменту;

P_{oc} – осьове навантаження на інструмент, Н;

R – радіус торця бурового інструменту, м;

ω – частота обертів, s^{-1} .

З урахуванням цієї залежності формулу для визначення механічної швидкості буріння можна записати в наступному вигляді:

$$v_M = \frac{\mu_k P_{oc}}{2\pi \cdot 97,5 A_v F} \quad (3.6)$$

Якщо частоту обертання висловити через лінійну швидкість переміщення різців:

$$\omega = \frac{v_L}{\pi D} \quad (3.7)$$

то формулу для розрахунку механічної швидкості буріння можна представити у вигляді:

$$v_M = \frac{\mu_k P_{oc} v_L}{2\pi \cdot 97,5 A_v F} \quad (3.8)$$

Співвідношення $\frac{P_{oc}}{F} = q_3$, визначає значення питомого контактного тиску на забій свердловини. При цьому, слідуючи початкових умов, при розрахунку q_3 використано значення всієї площі забою свердловини без урахування площі породоруйнуючих елементів, якими озброєний торець коронки або долота. Буровий інструмент спирається на забій породоруйнуючими елементами, площа яких, наприклад, дорівнює F_{Π} . При цьому $F_{\Pi} < F$. В даному випадку для ефективної роботи інструменту дуже важливі схема установки, розміри і форма породоруйнуючих елементів. Рациональне та ефективне озброєння інструменту значно впливає на енергоємність руйнування гірської породи, визначає стійкість інструменту. Беручи співвідношення $\frac{P_{oc}}{F_{\Pi}} = q_3$ за питомий контактний тиск на породу з боку бурового інструменту, за умови рівномірного поширення напруги

в породі по всій площі забою, вираз для розрахунку механічної швидкості буріння представимо у вигляді [14]:

$$v_M = \frac{\mu_k v_L}{2\pi 97,5 A_v} q_3. \quad (3.9)$$

Вплив осьового навантаження на величину механічної швидкості показано графічно (рис. 3.2) В залежності від твердості гірських порід при величині n , рівній не більше 60 об/хв, і достатнього промивання.

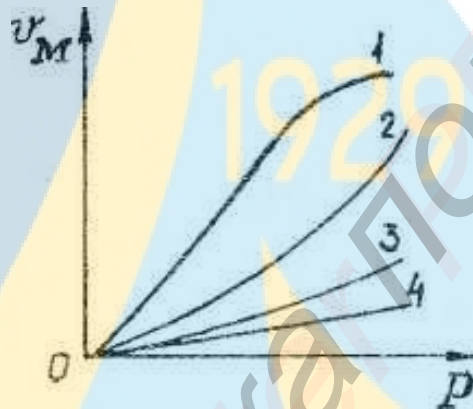


Рисунок 3.2 – Залежність $V_M = f(P)$

1 – при проходці м'яких гірських порід; 2 – при проходці порід середньої твердості; 3 – при проходці твердих порід; 4 – при проходці дуже міцних порід

Оскільки для різних порід і типів доліт з різною кількістю зубів, різною величиною їх притуплення і осьовим навантаженням будуть відрізнятися області руйнування порід, вплив осьового навантаження на механічну швидкість буріння краще представити у вигляді залежності останньої від відношення питомого навантаження $P_{\text{пит}}$ до опору P_1 при досягненні першого стрибка руйнування (рис. 3.2.):

$$v_M = f(P_0), \quad (3.10)$$

де $P_0 = \frac{P_{\text{пит}}}{P_1}$ – відносний питомий тиск;

$P_{\text{пит}} = \frac{P}{F_k}$ – питомий тиск;

F_k – площа контакту зубів долота з породою.

Визначити P_k дуже важко, тому спрощено приймається за середнім значенням за один оберт при початковій площі контакту незношених зубів.

На рис.3.3 область I – зона малих осьових навантажень, де відбувається поверхневе руйнування (стирання); область II – відбувається відколювання шматочків породи, помітно зростає v_m ; область III – питоме контактне навантаження перевищує межу міцності порід, відбувається об'ємне руйнування породи; при ідеальній промивці ця лінія була б прямою – лінія 1, при недосконалій промивці – лінія 1а; якщо збільшити витрату рідини, то отримаємо лінію 1б.

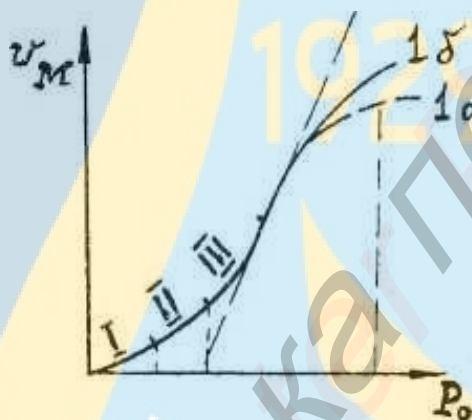


Рисунок 3.3 – Залежність $v_m=f(P_0)$

Це можна пояснити наступним чином. При відносному питомому тиску $0 < P_0 < 0,6$ (область I) гірська порода руйнується переважно лише з поверхні стиранням, абразивним зношуванням, мікро виколуванням, зминанням і зрушенням окремих нерівностей, величина яких на ряд менше обсягу зубів. Ця область на рис.3.2 представлена прямолінійною ділянкою I, тобто $v_m = aP_0^b$, де a і b – коефіцієнти, що характеризують область руйнування.

При поверхневому руйнуванні $b = 1$. Практично ця область характерна для буріння дуже твердих порід при недостатньому осьовому навантаженні або при бурінні порід середньої твердості долотами типу ІСМ з великою площею контакту. Швидкість буріння при цьому мала (від частки метра до 3 м/год). Необхідна витрата промивальної рідини в цій області невелика.

При $0,6 < P_0 < 0,9$ спостерігається виснажене руйнування (область II). Для цієї області характерне отримання об'ємного відколу лише через кілька циклів

впливу зубів на одній і тій же ділянці забою. Поверхнєве руйнування при цьому має підлегле значення.

У вираженні $v_m = aP_0^b$ показник $1 < b < 1,5$ залежить від властивостей порід і типу долота. Шлам крупніше, ніж у першому випадку. У цих умовах доцільно додавати в промивні рідини поверхнєво-активні речовини (ПАР) – знижувач твердості. Дуже тверді породи в високооборотному бурінні шарошковими долотами розбурюються переважно в виснаженій зоні і в області першого стрибка руйнування. Механічна швидкість не перевищує в цьому випадку десятка метрів на годину.

Область III об'ємного руйнування при $P_0 > 0,9$. Питомі енерговитрати на руйнування одиниці об'єму породи істотно нижче, ніж в перших двох областях. У вираженні $v_m = aP_0^b$ значення b змінюється в широких межах: $1 < b < 3$, залежить від P_0 і властивостей породи.

При одних і тих же значеннях P_0 величина b тим більше, чим м'якше порода, крупніше зуб, більше крок і ковзання шарошок.

Таким чином, для отримання високих механічних швидкостей буріння при достатньому очищенню забою необхідно створювати на долото навантаження, що обмежується лише міцністю бурильної колони і переданим крутним моментом. При обліку динамічних процесів в колоні аналізовані закономірності будуть набагато складніше.

3.2 Функціональна залежність механічної швидкості буріння від частоти обертів долота

При малій частоті обертання долота проміжок часу, протягом якого залишається розкритою тріщина в породі, що утворюється при вдавлюванні зубка, достатній для того, щоб в цю тріщину проник фільтрат бурового розчину (або сам розчин). Тиску на частку зверху і знизу практично порівнюються, і тріщина не може замкнутися після відриву зубка від породи. В цьому випадку відрив сколеної частки від забою і її видалення полегшуються. При збільшенні

ж частоти обертання зменшується проміжок часу, протягом якого тріщина розкрита, і фільтрат може заповнювати її. Якщо ж цей проміжок стане дуже малим, фільтрат в тріщину не встигне проникнути, тріщина після відриву зубка шарошки від породи зімкнеться, а притискна сила і фільтраційна кірка будуть утримувати частку, перешкоджати її видалення з забою. Тому на забої збережеться шар сколених, але не віддалених частинок, які будуть повторно розмелюватися зубцями долота.

Кожному з класу порід (крихких, пластично-крихких і пластичних) належать свої критичні величини частот обертання долота, перевищення значення яких викликає зменшення механічної швидкості проходки. Потрібно мати на увазі, що збільшення частоти обертання шарошечного породоруйнівного інструменту знижує довговічність його роботи через швидке зношення опор і зменшує проходку за рейс долота.

Особливо цікава динаміка роботи шарошечного долота при збільшенні частоти обертання долота [15].

При зміні частоти обертання долота змінюється кількість уражень забою зубками шарошечного долота. При менших її значеннях інтервал часу, коли тріщина, що з'являється при вдавлюванні зубка, залишається розкритою в породі, достатній для того, щоб в неї проник буровий розчин (або його фільтрат). Тиски, що діють на частку знизу і зверху практично порівнюються і після того як стався відрив зубка від породи тріщина зімкнутися не може. В цьому випадку відрив сколеної частки від забою і її видалення полегшуються. При підвищенні частоти обертання зменшується часовий інтервал, протягом якого розкрита тріщина, і її може заповнити фільтрат. Якщо ж цей інтервал буде занадто малий, то в тріщину фільтрат проникнути не встигне, після відриву зубка шарошки від породи тріщина зімкнеться, а тиск буде утримувати частку і перешкоджати видаленню її з забою. З цієї причини буде зберігатися шар сколених, але не віддалених частинок. Цей шар називається шламовою подушкою, яка буде вдруге подрібняти озброєнням, сприяючи зниженню механічної швидкості буріння.

Відомо, що при одночасному збільшенні частоти обертання і осьової

навантаження – значення критичної частоти буде збільшуватися до деякого порогового значення (рис. 3.4). При збільшенні осьового навантаження вихід на критичне значення частоти обертання забезпечується раніше, що підтверджує неможливість постійного одночасного збільшення цих двох параметрів для підвищення ефективності руйнування. Крім того, частота обертання долота обмежується технічно: стійкістю долота і його опор (для шарошечних доліт), максимально можливими діапазонами частот обертання ротора і забійних двигунів [15].

Зі зміною частоти обертання n змінюється число уражень забою зубцями шарошечного долота. При цьому проходку за один оберт Δ для всіх типів доліт можна виразити через механічну швидкість у вигляді:

$$v_m = \Delta n$$

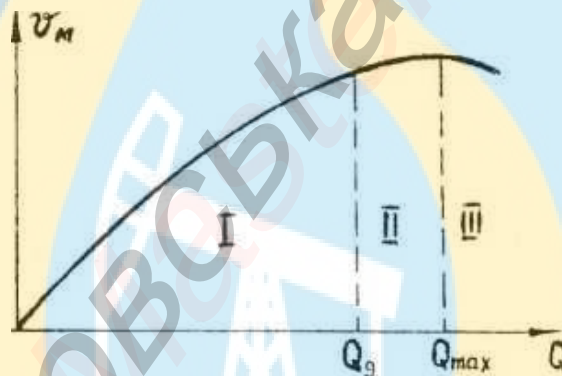


Рисунок 3.4 – Залежність $v_m = f(n)$

2 – при бурінні пружно-пластичних порід шарошечними долотами; 1 – при бурінні твердих і крихких порід алмазними долотами.

На Рис. 3.4: пряма 1 – $\Delta = \text{const}$ при різному n , що характерно для твердих, крихких порід при бурінні, як правило, алмазними долотами; 2 – крива залежності $\Delta = f(n)$ при бурінні пружно-пластичних порід і особливо пластичних порід шарошечними долотами. До точки А ($n_{\text{кр}1}$) відбувається зростання Δ і v_m при підвищенні n . Далі до точки В ($n_{\text{кр}2}$) – зниження Δ , але величина v_m ще продовжує збільшуватися. За точкою В ($n_{\text{кр}2}$) і Δ , і v_m з ростом n знижуються.

Зниження v_m за точкою B відбувається внаслідок того, що з ростом n зменшується час контакту зуба з породою, зростає швидкість удару зуба о породу, дещо збільшується опір руйнуванню, знижується прояв пластичних властивостей породи, зростають коливання бурильної колони, змінюється характер руху бурового розчину на забої, збільшується потужність на холостих обертах.

3.3 Витрата промивальної рідини як критерій регулювання швидкості поглиблення забою

Безперервна циркуляція бурового розчину при бурінні повинна забезпечити чистоту забою і стовбура свердловини, охолодження долота, сприяти ефективному руйнуванню породи. Вплив витрати розчину на механічну швидкість буріння можна бачити з рис. 3.5, що показує, поки не забезпечується своєчасне і повне видалення шламу і поки долото нове, механічна швидкість підвищується зі збільшенням витрат рідини майже прямолінійно (область I) [15].

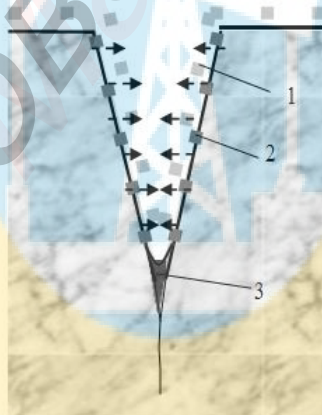


Рисунок 3.5 – Забійні умови циркуляції бурового агента: 1 – ділянка виколування гірської породи; 2 – активні компоненти промивальної рідини; 3 – верхівка тріщини руйнування гірської породи

Після досягнення практично достатньої витрати $Q_{\text{дос}}$ механічна швидкість все ще може зростати, але вже дуже повільно (ділянка II) внаслідок кращого

охолодження долота, кращого очищення забою і долота, зниження кількості шламу в розчині, зменшення щільності розчину в кільцевому каналі і гідростатичного тиску на забій. При подальшому зростанні витрат до Q_{max} і більше починає переважати підвищення втрат напора на подолання гідравлічних опорів в кільцевому каналі, загальний гідравлічний тиск на забій зростає і механічна швидкість буріння знижується.

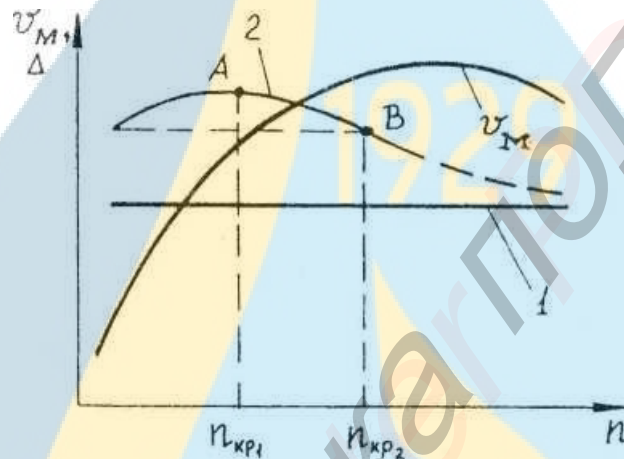


Рисунок. 3.6 – Залежність $v_m = f(Q)$

Практично ця область III досягається рідко. При бурінні свердловин гідравлічними забійними двигунами витрата рідини визначає їх робочу характеристику, саме це в більшій мірі позначається на зміні механічної швидкості, особливо при витраті $Q > Q_{дос}$.

Для поліпшення очищення забою важливо не збільшення витрат понад норму, а вдосконалення реологічних властивостей розчину, напрямки потоку на забої і оптимізація швидкості витікання з насадок [15].

Вплив основних властивостей бурового розчину на механічну швидкість буріння можна простежити з графіків, представлених на рис. 3.7, що показують закономірне загасаюче зниження механічної швидкості буріння v_m з ростом щільності ρ , змісту твердої фази і умовної в'язкості T розчину, а також незначне прямолінійне зростання зі збільшенням водовіддачі B .

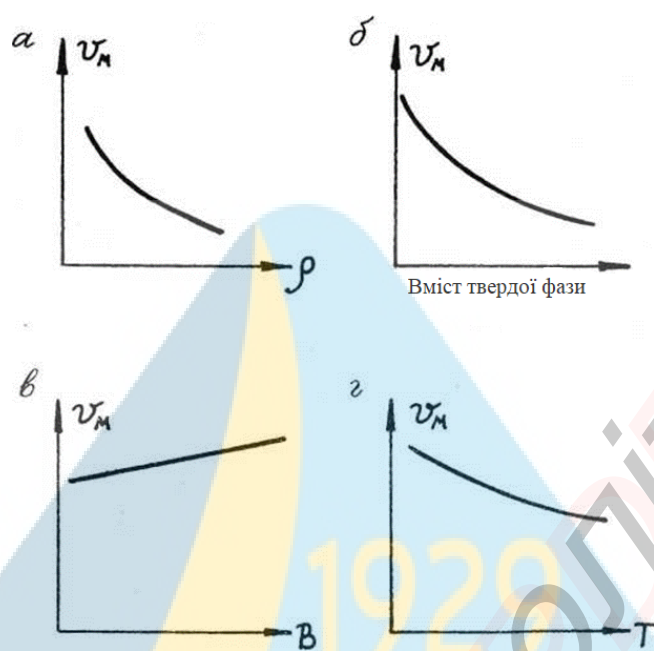


Рисунок 3.7 – Залежності механічної швидкості буріння від властивостей бурового розчину: **a** – густини; **б** – змісту твердої фази; **в** – водовіддачі B ; **г** – умовної в'язкості T

РОЗДІЛ 4. ТЕОРИТИЧНІ І ПРАКТИЧНІ ПРИНЦИПИ УДОСКОНАЛЕННЯ ПОРОДОРУЙНІВНИХ ОРГАНІВ ШАРОШЕЧНИХ ДОЛІТ

4.1 Фізичне і математичне моделювання

У міру того як будь-яка наука стає більш точною, в ній у всіх великих масштабах застосовується математичний опис досліджуваних об'єктів і явищ. Зокрема, даний принцип давно використовується в багатьох областях фізики. Однак це не завжди знаходить розуміння серед фахівців в області нанотехнології через відсутність досвіду з математичного моделювання. Щоб уникнути непотрібного конструювання і складання численних дорогих прототипів наносистем, потрібно спочатку детально розробити структуру і технологію збирання нанооб'єктів. Для цих цілей використовують методи комп'ютерного моделювання. За допомогою моделювання, заснованого на великій кількості експериментальної інформації, можна описати поведінку проєктованих наносистем. Крім того, комп'ютерне моделювання в ряді випадків є каталізатором для експериментальних досліджень і виробництва. Останнім часом розширюється коло завдань, при вирішенні яких застосовується комп'ютерне моделювання. Якщо в минулому моделювання, зокрема комп'ютерне, було направлено на кількісний опис процесів в матеріалах, то в даний час велика увага приділяється створенню нових перспективних матеріалів і прогнозування їх властивостей [16].

Процес буріння свердловин відноситься до складних технологічних процесів, що характеризуються великою кількістю параметрів, частина з яких змінюються випадковим чином. Найважливішою ланкою цього процесу є взаємодія породоруйнуючого інструменту – долота з породою, що визначала ефективність будівництва свердловини. Швидкість руйнування породи або швидкість буріння залежить від безлічі факторів, з яких найважливішим можна віднести осьове навантаження на долото, частоту обертання долота, тип долота, якість промивної рідини. Незважаючи на випадковий характер процесу буріння, виявлені певні

функціональні залежності, що дозволяють створювати математичні моделі і оптимізувати технологічні процеси [16]. Для проведення лабораторних досліджень щодо вдосконалення методів управління процесом буріння і оптимізації його режимів, для навчання персоналу, для випробування систем контролю і управління, а також для дослідження причин виникнення аварійних ситуацій необхідні фізичні моделі процесу буріння різного ступеня складності, що залежить від поставленої мети моделювання [16].

Модель в широкому сенсі – це будь-який образ, аналог уявний або встановлений, зображення, опис, схема, креслення, карта і т. п. будь-якого обсягу, процесу або явища, який використовується в якості його заміника або представника. Сам об'єкт, процес або явище називається оригіналом даної моделі. Моделювання – це дослідження будь-якого об'єкта або системи об'єктів шляхом побудови і вивчення їх моделей. Це використання моделей для визначення або уточнення характеристик і раціоналізації способів побудови знову сконструйованих об'єктів. На ідеї моделювання базується будь-який метод наукового дослідження, при цьому, в теоретичних методах використовуються різного роду знакові, абстрактні моделі, в експериментальних – предметні моделі. При дослідженні складне реальне явище замінюється деякою спрощеною копією або схемою, іноді така копія служить лише тільки для того щоб запам'ятати і при наступній зустрічі дізнатися потрібне явище. Іноді побудована схема відображає які – то суттєві риси, дозволяє розібратися в механізмі явища, дає можливість передбачити його зміну. Одному і тому ж явищу можуть відповідати різні моделі. Завдання дослідника – передбачати характер явища і хід процесу.

Іноді, буває, що об'єкт доступний, але експерименти з ним дорогі або приведуть до серйозних екологічних наслідків. Знання про такі процеси отримують за допомогою моделей [17].

Важливий момент – сам характер науки передбачає вивчення не одного конкретного явища, а широкого класу споріднених явищ. Передбачає необхідність формулювання загальних категоричних тверджень, які називаються

законами. Сучасна математика дає виключно потужні й універсальні засоби дослідження. Практично кожне поняття в математиці, кожен математичний об'єкт, починаючи від поняття числа, є математичною моделлю. При побудові математичної моделі, що вивчається, або явища виділяють ті його особливості, риси і деталі, які з одного боку містять більш-менш повну інформацію про об'єкт, а з іншого допускають математичну формалізацію. Математична формалізація означає, що особливостям і деталям об'єкта можна поставити у відповідність відповідні адекватні математичні поняття: числа, функції, матриці і так далі. Тоді зв'язки і відносини, виявлені і передбачувані в досліджуваному об'єкті між окремими його деталями і складовими частинами можна записати за допомогою математичних відносин: рівності, нерівностей, рівнянь. В результаті виходить математичний опис досліджуваного процесу або явище, тобто його математична модель. Вивчення математичної моделі завжди пов'язане з деякими правилами дії над досліджуваними об'єктами. Ці правила відображають зв'язки між причинами і наслідками [17].

Вимоги, що пред'являються до моделей:

1. Універсальність – характеризує повноту відображення моделлю досліджуваних властивостей реального об'єкта.
2. Адекватність – здатність відображати потрібні властивості об'єкта з похибкою не вище заданої.
3. Точність – оцінюється ступенем збігу значень характеристик реального об'єкта і значення цих характеристик отриманих за допомогою моделей.
4. Економічність – визначається витратами ресурсів електронно обчислювальної машини (ЕОМ) пам'яті і часу на її реалізацію і експлуатацію.

4.2 Обґрунтування використання методу Монте-Карло.

Метод Монте-Карло – це чисельний метод рішення математичних задач за допомогою моделювання випадкових величин.

Виникнення ідеї використання випадкових явищ в області наближених

обчислень прийнято відносити до 1878 р. коли з'явилася робота Холла про визначення числа π за допомогою випадкових кидань голки на розграфлений паралельними лініями папір. Суть справи полягає в тому, щоб експериментально відтворити подію, імовірність якого виражається через число π , і приблизно оцінити цю імовірність [18].

Датою народження методу Монте-Карло прийнято вважати 1949 р. коли з'явилася стаття під назвою «Метод Монте-Карло» (Н. Метрополіс, С. Улам). Творцями цього методу вважають американських математиків Дж. Неймана і С. Улама. У нашій країні перші статті були опубліковані в 1955-56 рр. (В.В. Чавчанідзе, Ю.А. Шрейдер, В.С. Володимиров).

З того часу накопичилася велика бібліографія за методом Монте-Карло. Навіть біглий перегляд назв робіт дозволяє зробити висновок про можливість застосування методу Монте-Карло для вирішення прикладних завдань з великого числа областей науки і техніки.

Спочатку метод Монте-Карло використовувався головним чином для вирішення завдань нейтронної фізики, де традиційні чисельні методи виявилися мало придатними. Далі його вплив поширився на широкий клас задач статистичної фізики, дуже різних за своїм змістом.

Метод Монте-Карло зробив і продовжує робити істотний вплив на розвиток методів обчислювальної математики (наприклад, розвиток методів чисельного інтегрування) і при вирішенні багатьох завдань успішно поєднується з іншими обчислювальними методами і доповнює їх. Його застосування виправдане в першу чергу в тих завданнях, які допускають теоретико-імовірнісний опис. Це пояснюється як природністю отримання відповіді з деякою заданою вірогідністю в задачах з імовірним змістом, так і істотним спрощенням процедури вирішення [18].

Однак до появи ЕОМ цей метод не міг знайти широкого застосування, так як моделювати випадкові величини самотійно – дуже трудомістка робота. Таким чином, виникнення методу Монте-Карло як вельми універсального чисельного методу стало можливим тільки завдяки появі ЕОМ.

Назва «Монте-Карло» походить від міста Монте-Карло в князівстві Монако, відомого своїм гральним будинком, а також одним з найпростіших механічних приладів для отримання випадкових величин – рулеткою.

До розділів науки, де все в більшій мірі використовується метод Монте-Карло, слід віднести задачі теорії масового обслуговування, задачі теорії ігор і математичної економіки, задачі теорії передачі повідомлень при наявності перешкод і ряд інших.

У переважній більшості завдань, що вирішуються методами Монте-Карло, обчислюють математичні очікування деяких випадкових величин. Так як найчастіше математичні очікування є звичайними інтегралами, в тому числі і кратні, то центральне положення в теорії методів Монте-Карло займають методи обчислення інтегралів.

Метод Монте-Карло є способом оцінки впливу невизначеності оцінки параметрів системи в широкому діапазоні ситуацій. Метод зазвичай використовують для оцінки діапазону зміни результатів і відносної частоти значень в цьому діапазоні для кількісних величин, таких як вартість, тривалість, продуктивність, попит та ін. Моделювання методом Монте-Карло може бути використано для двох різних цілей:

- трансформування невизначеності для звичайних аналітичних моделей;
- розрахунку ймовірностей, якщо аналітичні методи не можуть бути використані.

Метод Монте-Карло має безліч різних додатків. Він застосовується в наступних областях: в промисловості для моделювання мінливості виробничих процесів; у фізиці, хімії та біології для моделювання різноманітних явищ; в області ігор для моделювання штучного інтелекту, наприклад, в китайській грі го; в області фінансів для оцінки похідних фінансових інструментів і опціонів. По суті, метод Монте-Карло використовується всюди [18].

Сучасний варіант методу сформувався в рамках Манхеттенського проекту, де він застосовувався для моделювання відстаней, які можуть пройти нейтрони в різних матеріалах. Ідея моделювання на основі генерації набору випадкових значень існувала вже протягом деякого часу, але особливий розвиток отримала

при створенні атомної бомби, поширившись потім у багатьох інших областях знань.

Великою перевагою методу Монте-Карло є те, що він дозволяє врахувати в моделі елемент випадковості і складність реального світу. Крім того, метод є універсальним по відношенню до зміни різних параметрів, таких як розподіл випадкової величини. В його основі лежить закон великих чисел.

Одним з типових прикладів використання методу Монте-Карло є завдання, в яких необхідно знайти математичне очікування деякої випадкової величини. Для цього потрібно згенерувати набір випадкових значень цієї величини і знайти середнє. Випадкова величина зазвичай характеризується певним розподілом ймовірностей.

Переваги:

- Метод може бути адаптований до будь-якого розподілу вхідних даних, включаючи емпіричний розподіл, побудовані на основі спостережень за відповідними системами.
- Моделі відносно прості для роботи і можуть бути при необхідності розширені.
- Метод дозволяє врахувати будь-які дії і взаємозв'язки, включаючи такі тонкі як умовні залежності.
- Для ідентифікації сильних і слабких впливів може бути застосований аналіз чутливості.
- Моделі є зрозумілими, а взаємозв'язок між входами і виходами – прозорими.
- Метод допускає застосування ефективних моделей дослідження багатокомпонентних систем, таких як мережа Петрі.
- Метод дозволяє досягти необхідної точності результатів.
- Програмне забезпечення методу доступне і відносно недорого.

Недоліки:

- Метод передбачає, що невизначеність даних можна описати відомим розподілом.

- Великі і складні моделі можуть представляти труднощі для фахівців з моделювання і ускладнювати залучення зацікавлених сторін.

- Метод не може адекватно моделювати події з дуже високою або дуже низькою ймовірністю появи, що обмежує його застосування при аналізі ризику.

За допомогою методу Монте-Карло можна обчислити похибку. Вписавши коло в квадрат (діаметр кола дорівнює стороні квадрата), можна визначитися зі ставленням площі кола до площі квадрата наступним чином:

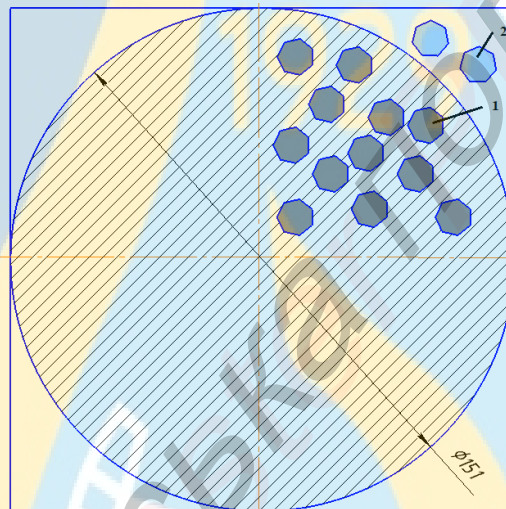


Рисунок. 4.1 – Шарошечне долото з хаотично розміщеними зубцями
1,2 зубці шарошки.

За методом Монте-Карло розставимо зубці шарошки в хаотичному порядку, щоб обчислити відношення кількості точок, які потрапили в коло, до загальної кількості точок (рис.4.1)

Діаметр шарошечного долота становить 151 мм за ДСТУ, відповідно сторони квадрата, описаного навколо кола рівні 15,1 см.

$$\frac{P_0}{P_K} = \frac{\pi r^2}{4r^2}, \text{ де} \quad (4.1)$$

P_0 – площа окружності, м^2

P_K – площа квадрату, м^2

$$\frac{P_0}{P_K} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{12}{14}, \text{ де} \quad (4.2)$$

N_1 – кількість зубців які знаходяться в окружності;

N_2 – загальна кількість зубців;

Звідси випливає:

$$\pi = \frac{4 \cdot 12}{14} = 3,42 \quad (4.3)$$

Похибка становить 3,42.

4.3 Система озброєння долота

Основним робочим органом долота є шарошка. Шарошка – сталева конусоподібна деталь, вільно посаджена на цапфі яка несе на своїй поверхні індентори – зуби (зубки, штирі). За формою шарошки бувають одноконусні (що складаються з основного і зворотного конусів) і багатоконусні, що мають ще один або два додаткових конуси, що розташовуються між основним і зворотним конусами (рис.4.2).

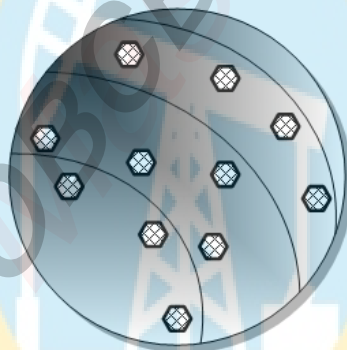


Рисунок 4.2 Схема виконання озброєння одношарошечного долота за пропонованим методом

Зворотний конус шарошки звернений до стінки свердловини. У плані шарошки розміщаються зі зсувом осей щодо осі долота. Величина зсуву K називається коефіцієнтом проковзування і в залежності від типорозміру долота коливається від 0 до 10 мм. Чим більше величина зсуву K і більше число конусів, тим більше зуби шарошки прослизують по забою.

Для буріння м'яких порід застосовуються долота з багатоконусними

шарошками і максимальною величиною зсуву K . Чим твердіше порода, тим більше форма шарошки повинна наближатися до одноконусної і тем менше повинна бути величина зсуву K . У того самого долота шарошки розрізняються по виду. Нумерація шарошок ведеться в порядку від найвищої до самої короткої, що має форму усіченого конуса.

Зуби на шарошці розташовуються вінцями. Вінці позначаються великими буквами російського алфавіту в порядку від вершини шарошки до її підстави. Вінець, розташований у підставі шарошки називається периферійним. Перша шарошка має мінімальну кількість зубів на вінці A , а третя – максимальне.

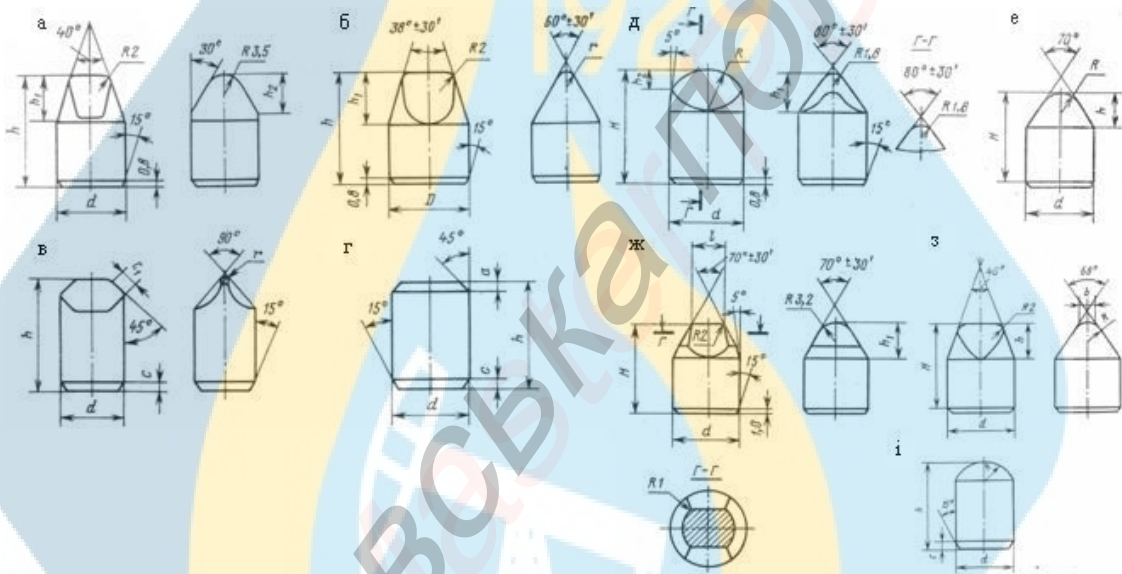
Під озброєнням шарошок розуміють геометричну форму і розташування зубів на шарошці. У межах вінців, озброєння характеризується наступними параметрами: крок зубів – t ; висота зуба – h ; довжина зуба – l ; кут при вершині – 2λ (рис.4.3).

На периферійному вінці зуби в плані можуть мати Γ , T або Π образну форму. Для підвищення зносостійкості, сталеві зуби периферійних і внутрішніх вінців наплавляють зерновим твердим сплавом. Крім сталевих зубів, виконаних з того ж матеріалу, що і шарошка, як озброєння усе ширше застосовуються твердосплавні зубки з напівсферичною або клиноподібною робочою частиною.

У залежності від характеру озброєння всі тришарошечні долота поділяються на 13 типів для розбурювання порід від м'яких до особливо міцних. Вони випускаються під шифрами M , $M3$, MC , $MC3$, C , $C3$, CT , T , $T3$, TK , $TK3$, K , OK . Долота типу M , MC , C , CT , T випускаються зі сталевими зубами. При цьому зі збільшенням твердості порід зменшується висота зуба і крок, збільшується кут пригостріння і кількість зубів. Для абразивних порід застосовуються долота $M3$, $MC3$, $C3$, $T3$, $TK3$. Тут шарошки озброєні твердосплавними зубками з клиноподібною вершиною. Долота типу TK мають комбіноване озброєння – сталеві зуби і твердосплавні зубки з напівсферичною вершиною. Для міцних і дуже міцних порід застосовують долота K і OK , озброєні зубками з напівсферичною вершиною.

Маркуються зубки наступним чином: $C11 \times 17$. Де C – вид (модифікація) зубка; 11 – округлений діаметр зубка, мм; 17 – округлена висота зубка.

Для армування основних вінців шарошок долота типу МЗ використовуються зубки М та М2, які замінили зубок старої форми Г-25. Діаметр зубка d варіюється від 10,12 до 14,14 мм а висота h – від 14,7 до 19,6 мм. Зубок М відрізняється від зубка М2 меншим кутом пригостріння, а також більшими висотою і вильотом головки зуба. Чим більше притуплення зубка тим більша стійкість зубка і менша механічна швидкість буріння. Задля уникнення абразивного зносу зворотних тільних конусів шарошок їх армують зубками Г-54. Головка такої вставки виконується гладкою і запресовується майже врівень з поверхнею зворотного конуса шарошки.



На рисунку. 4.3 – Наведені твердосплавні зубки, які використовуються для армування шарошечних доліт.

a – М; $б$ – М2; $в$ – Г-25; $г$ – Г-54; $д$ – Т; $е$ – К; $ж$ – СТ; $з$ – С; $и$ – Г-26

Для армування доліт типу СЗ використовують зубок С, який замінив зубок Г-25. Цей зубок має більш притуплену вершину ніж зубок М. Діаметр зубка коливається від 8,12 до 14,14 мм; висота H – від 11,7 до 19,6 мм; ширина b притуплення вершини – від 2,7 до 3,4 мм; радіус закруглення – від 2,6 до 3,2 мм.

Озброєння шарошок доліт типу ТЗ раніше було представлене тільки зубками Г-25. В теперішній час використовують зубки типу С і дещо рідше Т. Зворотний конус шарошок армується зубком Г-54.

Для армування шарошок доліт ТКЗ використовують зубки з різними робочими головками Г-25 і Г-26 або Т і К, які чергуються між собою в кожному вінці. Іноді використовують зубки.

Для армування доліт типу К використовують зубки Г-26 і рідше К з напівсферичною формою робочої головки.

Для армування доліт типу ОК використовують зубки Г-26 і Г-54.

Довговічність озброєння шарошок, безпосередньо руйнує гірську породу, багато в чому визначає основні показники ефективності процесу буріння. У зв'язку з цим питань зносу і руйнування озброєння присвячено значну кількість досліджень. При цьому найбільш повно досліджені питання довговічності доліт з фрезерованим озброєнням. З розширенням сфери застосування шарошечних доліт, оснащених твердосплавним озброєнням, набувають першорядного значення питання, пов'язані з підвищенням їх ефективності та довговічності.

Для виготовлення зубків застосовують, головним чином, вольфрамівмісні тверді сплави, які добре протистоять абразивному зношуванню. Разом з тим, маючи порівняно низьку ударну в'язкість і невисокий опір дії напруги, ці матеріали мають схильність до крихкого руйнування.

В процесі буріння шарошки долота перекочуються по забою, і зубки послідовно входять в контакт з породою, піддаючись при цьому складного силового впливу. При взаємодії зубців з забоем, сили, що діють на зубок з боку руйнуючої породи, постійно змінюються, змінюючи напружений стан матеріалу зубця. В результаті поздовжніх коливань долота, що викликаються багатьма причинами, взаємодія зубців з породою носить ударний характер. Крім того, зубки озброєння шарошок не тільки перекочуються, а й прослизують по забою, що приводить до їх зношування. Аналіз стану твердосплавного озброєння відпрацьованих в стендових і промислових умовах доліт різної конструкції, проведених різними авторами, показав, що в процесі роботи мають місце найрізноманітніші види зношування і руйнування.

В роботі встановлено наступна класифікація видів пошкодження і руйнування твердосплавного озброєння доліт:

- Ударно-виснажене зношування, що викликає відколи і поломки зубків;
- абразивне зношування;
- Ударно-абразивне зношування;
- Гідро-абразивне зношування;
- роздавлювання зубків;
- випадання зубків;

Причому лімітуючим видом зношування і руйнування зубців шарошечних доліт є ударно-виснажене зношування. Більшість дослідників також відзначають, що зміна форми і розмірів робочих поверхонь твердосплавних зубків в процесі абразивного, гідро-абразивного і ударно-абразивного зношування незначно і практично не впливають на їх працездатність. Ті, хто має місце в практиці буріння випадання зубків з тіла шарошки і їх вплив на працездатність твердосплавного озброєння в міру вдосконалення конструкції і технології закріплення зубків знижуються.

Аналіз літературних джерел дозволяє зробити висновок про те, що втрата працездатності твердосплавного озброєння шарошечних доліт відбувається головним чином в результаті руйнування зубків. Ці руйнування мають досить різноманітний характер. У роботі пропонується всі види руйнування розділити на три групи:

- поломки;
- відколи;
- роздавлювання.

Передбачається, що причиною поломок і відколів є дія згинального моменту, а роздавлювання зубків відбувається під дією високих стискаючих навантажень. Сколів і поломок передують викришування робочих поверхонь зубків, що з'являється в початковий період роботи долота на забої. Пропонується класифікувати види руйнування твердосплавних зубків в залежності від характеру зовнішнього силового впливу:

- руйнування зубків під дією стискаючої напруги;
- руйнування зубків під дією дотичних напружень;

- вищерблення зубків під дією одноразових і багаторазових перевантажень.

Однак, така класифікація досить умовна, так як в реальних умовах взаємодії долота з забоєм зубки знаходяться в складному напруженому стані, і на них одночасно діє складний комплекс нормальних і дотичних напружень, що викликають їх руйнування.

Найбільш істотний вплив на ефективність процесу руйнування гірської породи і міцність твердосплавного озброєння шарошечних доліт надають такі основні параметри озброєння, як діаметр і крок зубків, величина міжвінцевих зазорів, виліт зубків над тілом шарошки, схема розташування зубків по вінцях і вінців по шарошці. З моменту появи шарошечних доліт з твердосплавним озброєнням в нашій країні і до теперішнього часу ведуться дослідження по оптимізації перерахованих вище основних параметрів твердосплавного озброєння.

Так, наприклад, з метою визначення впливу основних параметрів озброєння на ефективність процесу буріння, були проведені стендові і промислові випробування декількох серій спеціально розроблених доліт, що відрізняються один від одного лише одним параметром при незмінності інших. Це дозволило виключити можливість взаємного впливу параметрів і отримати загальні рекомендації по вибору їх оптимальних значень. Відомі також і інші роботи, присвячені вивченню впливу параметрів твердосплавного озброєння на ефективність роботи доліт. Більшість цих робіт присвячено вивченню таких параметрів, як діаметр і крок зубків, розташування зубків по вінцях і вибору оптимальних величин цих параметрів відповідно до фізико-механічних властивостей розбурюваних порід. Недостатньо вивченим, на наш погляд, залишається питання про вплив розміщення вінців на шарошці по радіусу забою на ефективність буріння і довговічність озброєння доліт. В даний час розміщення вінців на шарошці проводиться виходячи з мінімально-необхідного перекриття забою з урахуванням необхідності більш-менш рівномірного розміщення озброєння по шарошці. На міцності твердосплавних зубків істотно впливає якість їх поверхонь. Наявність дефектів в поверхневому шарі, що є

концентраторами напружень, призводить до інтенсифікації процесу руйнування зубків. Міцність твердосплавних зубків залежить і від інших технологічних факторів, наприклад, від способу запресовування зубків.

Багатьма дослідниками також встановлено нерівномірний знос і руйнування елементів озброєння і опорних вузлів шарошок. Нерівномірний знос спостерігається як при відпрацюванні доліт, що мають фрезерувати озброєння, так і при відпрацюванні доліт зі штирьовим твердосплавним озброєнням. При промисловому відпрацюванні перших конструкцій шарошечних доліт з твердосплавним озброєнням відзначався їх нерівномірний знос. Долота виходили з ладу головним чином через зношування вершини першої шарошки, сколювання зубків на периферійних вінцях і заклинювання опор шарошок. У наступних конструкціях доліт за рахунок зміни геометричної форми шарошок, збільшення діаметрів зубків і виготовлення вершин на всіх трьох шарошках вдалося знизити нерівномірність зносу і руйнування твердосплавного озброєння і підвищити ефективність роботи доліт. Однак повністю усунути нерівномірний знос і руйнування твердосплавного озброєння не вдається [19].

Як показали дослідження, інтенсивність зношування елементів опорних вузлів і ймовірність заклинювання опор шарошок істотно залежать від початкових величин радіальних і осьових зазорів в підшипниках. Величини ж цих зазорів можуть змінюватися досить істотно навіть в межах технологічного допуску. Тому, на наш погляд, однозначно не можна пояснити нерівномірність зносу опор по секціях тільки технологічними похибками виготовлення. Таким чином, нерівномірність зношування і руйнування елементів озброєння і опорних вузлів шарошок можна пояснити дією конструктивних і технологічних факторів, що призводять до нерівномірного розподілу зусиль по секціях долота і за елементами озброєння і опор шарошок. Нерівномірність зношування озброєння доліт може пояснюватися і різною величиною ковзання вінців шарошок. Зі збільшенням величини проковзування інтенсивність зношування озброєння зростає. Разом з тим, істотно змінюються і силові характеристики процесу взаємодії озброєння з забоем. Зі збільшенням глибини впровадження зубків

зростає і частка тангенціальної складової зусилля, що діє на зубок при прослизанні його по забою. А так як найбільше прослизання через недосконалі форми конусів шарошок спостерігається у периферійних вінців, то тангенціальні складові зусиль на зубки периферійних вінців будуть більше, ніж на зубки середніх вінців. Виходячи з припущення, що різного ступеня зносу і руйнування робочих елементів озброєння та опори відповідають і різні значення діючих на них навантажень, а в ряді випадків і перевантажень, вельми важливим є вивчення характеру і ступеня нерівномірності розподілу навантаження по елементах долота і причин її виникнення. Знання навантажувальних характеристик елементів шарошечного долота при взаємодії його з забоєм дозволить науково обґрунтовано підходити до питань вдосконалення озброєння і підшипників опорних вузлів шарошок в частині раціонального їх розміщення, яке виключало б перевантаження окремих робочих елементів.

4.4 Удосконалення геометрії озброєння ведених вінців шарошечного бурового інструменту

Як було зазначено раніше, геометрія озброєння, існуючого шарошечного бурового інструменту не забезпечує високу ефективність енергоємності процесу руйнування породи, пов'язану з виконанням зубів неоптимальної з точки зору траєкторії їх руху конфігурації. Ця обставина призводить до необхідності здійснювати процес буріння при значно більших величинах крутного моменту і вертикального навантаження на долото [20]. Тому на підставі проведених раніше досліджень було поставлено завдання підвищити працездатність і ефективність шарошечного бурового інструменту (ШБІ) за допомогою зниження витрат потужності на руйнування породи і збільшення продуктивності механічного видалення шламу з лунок, утворених в поверхні забою робочими поверхнями кожного зуба.

Поставлена мета може бути досягнута за рахунок використання нової геометрії зубів озброєння шарошок, що відрізняється від стандартної тим, що

передня по відношенню до напрямку прослизання озброєння грань зуба, що працює в режимі пробуксовки або пригальмовування, нахилена по відношенню до лінії, що з'єднує вершину зуба з віссю обертання шарошки в перерізі, під кутом $\gamma=(0\div 180)$, а кут між лінією, що з'єднує вершину зуба з віссю обертання шарошки і поверхнею площадки притуплення, становить $\alpha=(60\div 850)$. При цьому [21]:

– площадка притуплення в перетині, перпендикулярному утворюючої шарошки, може бути виконана зі скосом по всій довжині робочої частини зуба у вигляді ламаної лінії або у вигляді частини сфери; [22,23]:

– при виконанні площадки притуплення у вигляді ламаної поверхні ширина площадки h , перпендикулярної по відношенню до лінії, що з'єднує вершину зуба з віссю обертання шарошки, становить $(0.25\div 0.5) H$ – загальної ширини площадки притуплення асиметричного зуба;

– зуби шарошок, що працюють в режимі пробуксовки або пригальмовування, можуть виконуватися з прямолінійними передньою і задньою гранями по відношенню до напрямку прослизання озброєння або з криволінійними аналогічними поверхнями, при цьому радіус закруглення r_1 передньої по відношенню до напрямку прослизання озброєння грані асиметричного зуба визначається за формулою:

$$r_1 = \frac{L}{2\sin 2\varphi_1 \cos \gamma} \quad (4.4)$$

$$\operatorname{tg} \varphi_1 = \frac{L}{2k_1 \cos \gamma}, \quad (4.5)$$

де

L – висота асиметричного зуба;

$k_1 = (1-10)$ мм – найкоротша відстань між вершиною дуги з радіусом r_1 і хордою, утвореної перетином цієї дуги з прямолінійною поверхнею передньої грані у верхній і нижній її точках;

φ_1 – кут між лінією, що з'єднує вершину дуги радіусом r_1 з точкою перетину цієї дуги з прямолінійною поверхнею передньої грані у верхній її точці і лінією, що з'єднує цю ж вершину дуги з серединою хорди;

а радіус заокруглення r_2 задній по відношенню до напрямку прослизання озброєння межі асиметричного зуба визначається за формулою:

$$r_2 = \frac{L}{2\sin 2\varphi_2 \cos(\beta - \gamma)}; \quad (4.6)$$

$$\operatorname{tg} \varphi_2 = \frac{L}{2k_2 \cos(\beta - \gamma)}, \quad (4.7)$$

де $k_2 = (1-10)$ мм – найкоротша відстань між вершиною дуги з радіусом k_2 і хордою, утвореної перетином цієї дуги з прямолінійною поверхнею задньої грані у верхній і нижній її точках;

φ_2 – кут між лінією, що з'єднує вершину дуги радіусом r_2 з точкою перетину цієї дуги з прямолінійною поверхнею передньої грані у верхній її точці, і лінією, що з'єднує цю ж вершину дуги з серединою хорд; β – кут загострення асиметричного зуба.

На (рис. 4.4) представлена траєкторія руху зуба веденого вінця в процесі лункоутворення в поверхні забою при пробуксовці озброєння; на (рис. 4.5) – варіанти виконання асиметричного озброєння запропонованої конфігурації зубів, що працюють в режимі прослизання.

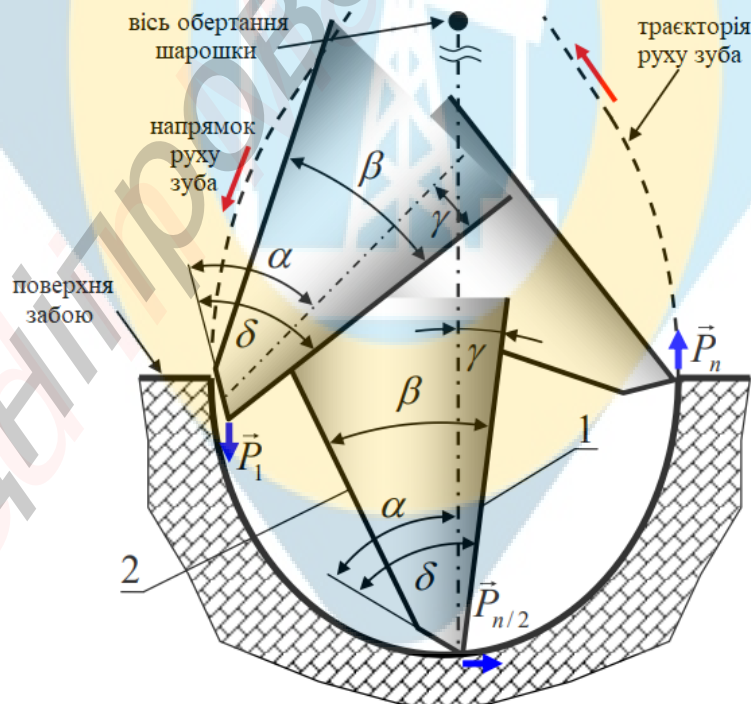


Рисунок 4.4 – Траєкторія руху зуба веденого вінця в процесі лункоутворення в поверхні забою при пробуксовці

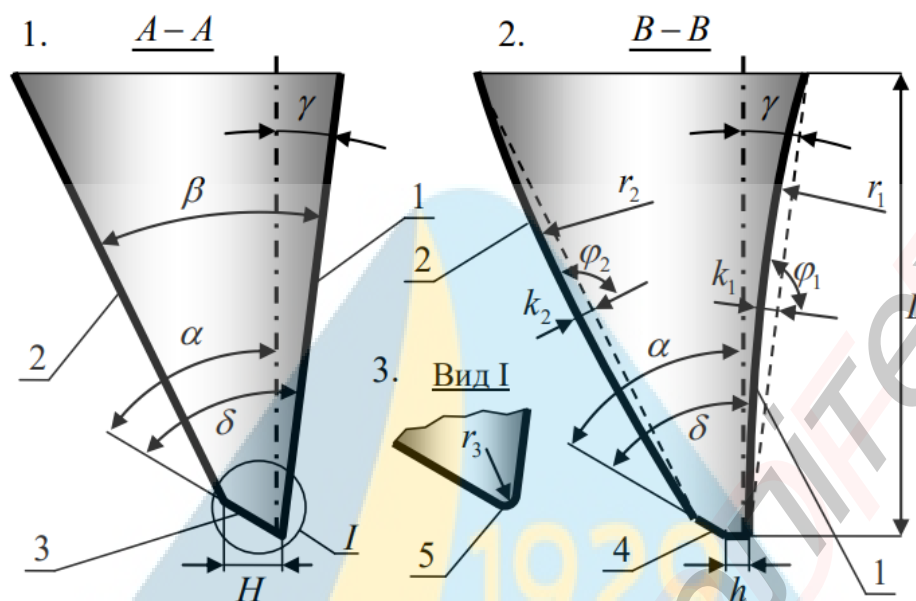


Рисунок 4.5 – Варіанти виконання асиметричного зубчастого озброєння 1–з прямолінійними передньою, задньою гранями і похилою площадкою притуплення зуба; 2–з криволінійними передньою, задньою гранями і ступінчастою площадкою притуплення зуба; 3 – зі сферичною робочою частиною

де γ – кут між передньою (по відношенню до напрямку прослизання озброєння) гранню зуба і лінією, що з'єднує вершину зуба з віссю обертання шарошки в перерізі, перпендикулярному утворюючої шарошки, град.;

α – кут між лінією, що з'єднує вершину зуба з віссю обертання шарошки і поверхнею площадки притуплення (або її похилій частині) в перерізі, перпендикулярному утворюючої шарошки, град.;

β – кут загострення асиметричного зуба, град.;

δ – кут загострення вершинної частини асиметричного зуба град.;

h – ширина перпендикулярної по відношенню до лінії, що з'єднує вершину зуба з віссю обертання шарошки, частини площадки притуплення в перерізі, перпендикулярному утворюючої шарошки, мм.;

H – загальна ширина площадки притуплення зуба, мм;

L – висота асиметричного зуба, мм;

r_1 – радіус заокруглення передньої (по відношенню до напрямку прослизання) межі асиметричного зуба, мм;

r_2 – радіус заокруглення задньої (по відношенню до напрямку прослизання) межі асиметричного зуба, мм.

Така конфігурація зубів дозволяє значно знизити зусилля, необхідне на подолання опору породи при впровадженні в неї елементів озброєння, що рухаються в просторі по складній траєкторії, за рахунок оптимізації кута загострення вершинної частини зуба по відношенню до напрямку його руху, особливо при вході в породу.

У свою чергу, це також сприяє більшому заглибленню зубів озброєння в поверхню забою, що дозволяє збільшити основні показники буріння, такі як механічна швидкість і проходка на інструмент, особливо при бурінні середніх порід.

Крім цього, надання передньої по відношенню до напрямку прослизання озброєння грані зуба 1 більш вертикальної або ковшоподібної поверхні сприятиме кращій продуктивності механічного видалення шламу з лунок, утворених в поверхні забою зубами озброєння.

Форма робочих частин зубів озброєння в основному визначається фізико-механічними характеристиками руйнуючими ними порід і типорозміром ШБІ. Зуби з площадками притуплення зі скосом 3 по всій довжині найбільш доцільно застосовувати при бурінні по м'яких породах. Зуби з площадками притуплення у вигляді ламаної лінії 4 краще використовувати при бурінні порід середньої твердості, руйнування яких, завдяки створенню додаткових площадок оголення, досягається з меншими енергетичними витратами. Зуби із закругленою формою робочої частини 5 з радіусом r_3 доцільно використовувати при бурінні середніх і особливо твердих порід.

Принцип роботи інструменту, зводиться до наступного. Під дією крутного моменту і осьового навантаження зуби шарошок здійснюють впровадження в породу і тим самим руйнують її. Однак зуби провідних вінців, що працюють без ковзання, руйнують породу роздавлюванням (сколюванням), а вершинні і периферійні вінці здійснюють складний рух – перекочування зі ковзанням, причому напрямок ковзання цих вінців протилежно.

При роботі вінців шарошки в режимі пробуксовки або пригальмовування задня грань 2 зуба практично не контактує зі стінкою, утвореної їм лунки і в

поєднанні зі зменшеним кутом загострення забезпечує різке зниження необхідного крутного моменту і осьового навантаження на долото, а, отже, і значне зменшення енергоємності процесу руйнування породи [24].

Запропонована конфігурація робочої частини зубів може бути використана не тільки у доліт зі сталевим армованим озброєнням, але і в долотах з зубами, виконаними з різних твердих сплавів. Таким чином, застосування розробленої нової конструктивної схеми виконання зубчастого озброєння ШБІ завдяки більш раціональній геометрії озброєння вінців, що працюють в режимі пробуксовки або пригальмовування, дасть можливість збільшити проходку і механічну швидкість буріння і, як наслідок, знизити вартість проведення бурових робіт.

4.5 Матеріали для виготовлення зубів шарошок

Не менш важливим матеріалом у виробництві високоякісних шарошечних доліт є вольфрам кобальтові тверді сплави, що застосовуються для виготовлення зубків і армування зубів фрезерованих шарошок, козирків лап і інших частин долота, що піддаються в процесі роботи абразивному зносу.

Як видно з табл. 4.1, для характеристик властивостей твердих сплавів, крім звичних твердості і міцності при поперечному вигині, використовуються такі важливі параметри, як стійкість до абразивного зносу і тріщиностійкість. Всі без винятку зубки проходять газо статичну обробку, що забезпечує підвищення стабільності якості зубків за рахунок виключення пористості.

Всі провідні фірми освоїли, слідом за фірмою Smith, виробництво алмазно-твердосплавних зубків, причому не тільки з плоскою, але і з об'ємною, аж до клиноподібної, робочою поверхнею і успішно застосовують їх для оснащення доліт, призначених для буріння особливо абразивних порід, де зносостійкість звичайних твердих сплавів недостатня [19].

4.6 Анізотропія.

З атомно-кристалічної будови металів видно, що щільність розташування атомів по різних площинах в кристалічних решітках неоднакова (рис. 4.6).

Внаслідок неоднакової щільності атомів в різних площинах і напрямках решітки багатьох властивостей (хімічні, фізичні, механічні) кожного кристала залежать від напрямку решітки [25].

Подібна неоднаковість властивостей монокристалу в різних кристалографічних напрямках називається анізотропією.

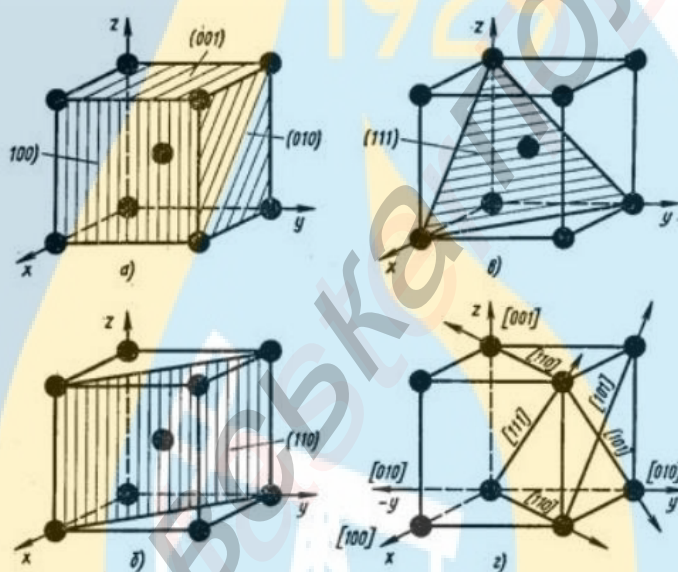


Рисунок 4.6 – Розташування атомів в різних площинах і напрямках в кубічній решітці

До анізотропних матеріалів відносяться: кристали і монокристали, заготовки сплавів і сталей (прокат, штампування та ін.), волокнисті і плівкові матеріали, армовані пластики, п'єзокварц, графіт та ін. Велике значення набуває новий клас анізотропних матеріалів — композиційні матеріали, в яких поєднуються властивості різних матеріалів: наповнювача (надміцні волокна металів і їх оксидів, ниткоподібні кристали та ін.) і сполучного (полімери і метали).

Таблиця 4.1 – Тверді сплави для виготовлення зубків доліт

| Марка сплаву | Твердість, HRA | Вміст кобальту, % | Зернистість | Межа міцності, Н/мм ² | Абразивна стійкість, 1/ втрата об'єму | Тріщино-стійкість, DCB | Рекомендоване застосування |
|--------------|----------------|-------------------|-----------------|----------------------------------|---------------------------------------|------------------------|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 307 | 91 | 7 | Середньо-зерн. | 3380 | 15,6 | 11500 | Гірничорудний |
| P40 | 91,2 | 6 | Середньо-зерн. | 2900 | 15 | 11000 | Висока зносостійкість |
| 295 | 90,8 | 6 | Середньо-зерн. | 3275 | 14,1 | 11000 | Висока зносостійкість |
| 671 | 90,5 | 6 | Середньо-зерн. | 2240 | 13 | 11100 | Помірна до високої зносостійкість |
| 248 | 89,8 | 11 | Дрібно-зерн. | 3100 | 7 | 12500 | Зубки невеликим вильотом |
| M09 | 89,6 | 9 | Середньо-зерн. | 2970 | 10 | 12500 | Гідромоніторні насадки |
| 779 | 89,5 | 9 | Середньо-зерн. | 3170 | 10 | 13000 | Зносостійкість вище, ніж у марки 241 |
| 91 | 89,2 | 8,5 | Середньо-зерн. | 3100 | 6,2 | 13000 | Зносостійкість вище, ніж у марки 241 |
| 284 | 83,2 | 11 | Дрібно-зерн. | 2780 | 6,6 | 12600 | Зносостійкість вище, ніж у марки 241 |
| 90 | 89 | 10 | Середньо-зерн.. | 3240 | 7 | 13200 | Для середніх ударних навантажень |
| 251 | 88,7 | 10 | Середньо-зерн. | 3100 | 6,4 | 13200 | Зносостійкість вище, ніж у марки 241 |
| 258 | 88,6 | 13 | Дрібно-зерн. | 3240 | 5 | 12700 | Помірна тріщиностійкість і зносостійкість |
| 241 | 88,5 | 10 | Середньо-зерн.. | 3240 | 6 | 14000 | Нафтові долота, хороша стійкість до поломок |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|------|-------|-----------------|------------|-----|--------|---|
| 941 | 88,6 | 11 | Середньо-зерн.. | 3310 | 5,5 | 16000 | Тріщиностійкість вище, ніж у марки 241 |
| 240 | 88,2 | 10,25 | Середньо-зерн.. | 3310 | 5,6 | 16600 | Зубки з малим до середнього |
| 122 | 87,9 | 12 | Середньо-зерн.. | 3380 | 5,6 | 17100 | Висока тріщиностійкість і зносостійкість |
| 231 | 87,8 | 10 | Грубозерн. | 3000 | 5,1 | 17100 | Зубки із середнім вильотом |
| 931 | 87,8 | 11 | Грубозерн. | 2900 | 5,5 | 18500 | зубки з середнім і великим вильотом |
| 222 | 87,5 | 10 | Грубозерн. | 2900 | 4 | 17000 | Стійкість до поломок вище, ніж у марки 231 |
| 244 | 87 | 10,5 | Грубозерн. | 2720 | 3,4 | 16700 | Висока тріщинуватість і ударні навантаження |
| 55В | 86,6 | 16 | Середньо-зерн.. | 2900 | 3 | 15600 | Хороша стійкість до поломок |
| 120 | 86,5 | 12 | Грубозерн. | 2900 | 5 | 17300 | Зубки з великим вильотом |
| 147 | 86 | 14 | Грубозерн. | 3240 | 2,5 | 18000 | Міцність вище, ніж у марки 55В |
| 239 | 86 | 18 | Середньо-зерн.. | 3240 | 2,2 | 18400 | Тріщиностійкість вище, ніж у марки 55В, зносостійкість вище |
| 45В | 85,5 | 16 | Грубозерн. | 2900 | 2,7 | 160000 | Тріщиностійкість вище, ніж у марки 55В |
| 40В | 85 | 16 | Грубозерн. | 3100 | 2,4 | 16400 | Висока тріщиностійкість |
| Властивості твердих сплавів по ТУ 48-19-281-88 | | | | | | | |
| ВК8ВК | 88,3 | 8 | Середньо-зерн.. | більш 1860 | — | — | — |
| ВК11ВК | 87,5 | 11 | Середньо-зерн.. | більш 2110 | — | — | — |

Застосування анізотропних матеріалів з певним чином орієнтованою неоднорідністю властивостей дозволяє скоротити витрату матеріалів і поліпшити якість виробів; наприклад, для шарошечного долота можливо виготовляти деталі і конструкції з підвищеною міцністю.

Металографія тісно пов'язана з питаннями анізотропії. За деякими властивостями матеріал може бути ізотропний, за іншими — анізотропний. Матеріали можуть відрізнятися ступенем анізотропії. Питання анізотропності матеріалу пов'язаний з вибором напрямку всередині цього матеріалу. В одному напрямку матеріал може розглядатися як анізотропний, в інших – як ізотропний. Анізотропія в металографії може розглядатися на різних масштабних рівнях. Наприклад, на мікрорівні (всередині зерна) матеріал може бути анізотропний, а на іншому – ізотропний (наприклад, в обсязі зразка).

Анізотропія може бути розділена на природну і штучну.

Прикладом природної анізотропії на мікрорівні є анізотропія елементарної кристалічної комірки. Якщо розглядати окремі напрямки всередині елементарної комірки, то проявляється анізотропія: різні напрямки мають різні властивості на масштабному рівні, що визначається розмірами кристалічної решітки. Як приклад можна привести монокристал мідного купоросу. Ступінь анізотропії кристалів кубічної сингонії набагато вище. Якщо розглядати напрямки осей x , y і z , то монокристал кухонної солі ізотропний [26].

Щільність і питома теплоємність у всіх кристалів не залежать від напрямку. Анізотропія інших фізичних властивостей кристалів тісно пов'язана з їх симетрією і проявляється тим сильніше, чим нижче симетрія. (рис.4.7) Наприклад, зусилля зсуву, швидкість росту або розчинення кристалу залежать від напрямку. Приклад анізотропної структури електролітичного покриття міді. Кристаліти покриття ростуть на підкладці в певному напрямку і всі вони орієнтовані в просторі однаково. Швидкість росту кристалів максимальна в напрямку, перпендикулярному підкладці

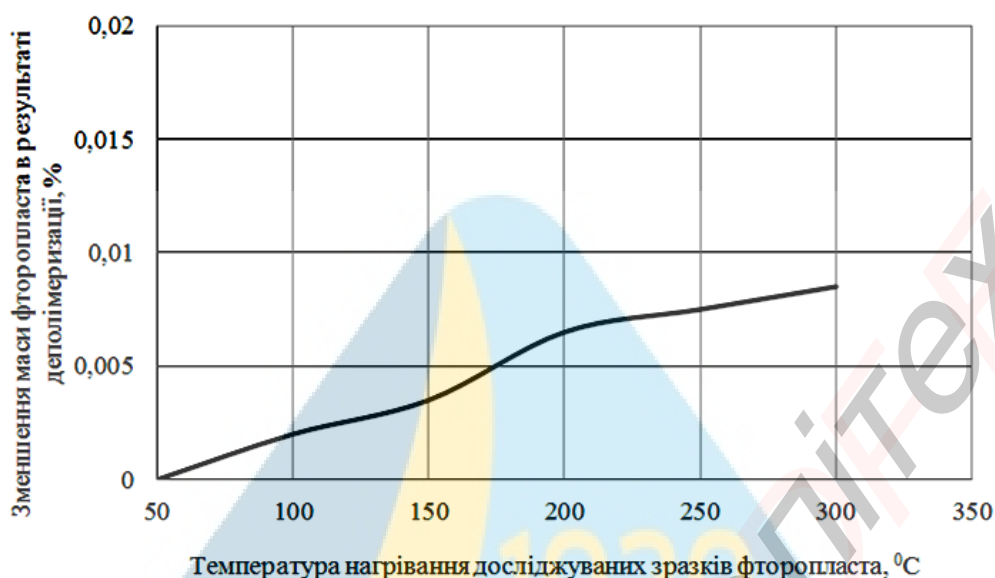


Рисунок 4.7 – Залежність показника відсоткового зменшення маси фторопласту в результаті нагрівання

Таблиця 4.2

Залежність деформації фторопласту від тривалості дії навантаження при різних температурах

| Температура в зразку, $t^{\circ}\text{C}$ | 25 | 50 | 75 | 100 | 150 | 200 | 250 |
|---|-------|-------|------|------|------|------|------|
| Граничне значення межі міцності зразка при випробуваннях на стискування, σ_t , кгс/см ² | 142,4 | 106,5 | 83,5 | 67,2 | 46,6 | 35,5 | 28,6 |

Анізотропія, створена пластичною деформацією, зберігається у виробі або матеріалі після припинення впливу і визначає комплекс його фізико–механічних властивостей. Наприклад, після холодної прокатки на 90% і відпалу при 800°C мідь має різне відносне подовження: уздовж напрямку деформації – 40%, під кутом 45° до напрямку деформації – 75%.

4.7 Особливості кінематики одношарошечного долота

Геометрична форма шарошки і розміщення озброєння на ній безпосереднього пов'язано з кінематикою і динамікою роботи породоруйнуючого інструменту. Кінематика роботи одношарошечного долота вивчалася багатьма дослідниками [27-30]. У зазначених роботах шарошка розглядається як куля, що контактує з півсферичним забоєм через рівномірно розподілені по його поверхні породоруйнуючі елементи – зубки.

Таблиця 4.3

Режимні параметри буріння пропонованою конструкцією одношарошечного долота

| Тип одношарошечного долота | Питоме осьове навантаження, кН/см | Окружна швидкість обертання, м/с | Питома витрата промивальної рідини, л/хв/см |
|----------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|---|
| С | 2,0 - 2,5 | 1,0 - 1,4 | 20 - 25 |
| СЗ | 2,0 - 3,0 | 0,8 - 1,2 | 20 - 25 |

Таблиця 4.4

Гранулометрична характеристика частинок породи при бурінні одношарошковим долотом

| | | | | | | |
|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Механічна швидкість буріння, м/год | 2,8 | 1,2 | 0,7 | 0,6 | 0,3 | 0,1 |
| Усереднений розмір часток зруйнованої породи, мм | 5,6 | 4,0 | 1,9 | 1,9 | 1,4 | 1,2 |

При цьому допускається, що з боку забою діють на шарошку сили реакцій в точках контакту з зубками долота, сумарна проекція яких на вісь свердловини дорівнює навантаженню, що передається долоту при бурінні, а їх величини пропорційні глибині занурення зубків в породу. Такий підхід досить обґрунтований і цілком відображав умови роботи перших випущених в нашій країні одношарошечних доліт, які мали відносно рівномірний розподіл зубків по всій сферичній поверхні шарошки. Згодом, протягом останніх 20–25 років в практиці буріння з'явився ряд нових типів одношарошечних доліт, що відрізняються і формою шарошок і способом оснащення їх зубками.

Таблиця 4.5

Кількісні дані по родовищах ДДЗ з впливу густини і умовної в'язкості бурового розчину на показники роботи шарошечних доліт – механічну швидкість поглиблення забою

| Умовна в'язкість промивальної рідини за спеціальним приладом СПВ - 5, с | Густина циркулюючого бурового розчину на основі глини, кг/м ³ | | | | |
|---|--|------|------|------|------|
| | 1200 | 1240 | 1300 | 1340 | 1400 |
| 20 - 40 | 7,5 | 6,2 | 6,5 | 5,3 | 4,3 |
| 40 - 60 | 7,2 | 7,1 | 5,7 | 4,9 | 4,1 |
| 60 - 80 | 6,5 | 6,2 | 4,2 | 4,1 | 4,1 |

Тому потрібно доповнення і розвиток виконаних раніше досліджень з

кінематики долота для пояснення тих чи інших особливостей роботи нових доліт і визначення раціональних режимів їх застосування.

У більшості відомих конструкцій одношарошечних доліт шарошка спирається одночасно більше половиною своїх зубків про забій свердловини. При обертанні навантаженого долота зубки вражають породу, переміщуючись по складних траєкторіях уздовж сферичної поверхні забою. Рівномірне обертання корпусу долота викликає рівномірне обертання шарошки навколо цапфи таким чином, що по відношенню до забою свердловини шарошка повертається в тому ж напрямку, що і долото, але з деяким запізненням.

При цьому шарошка здійснює також коливальний рух з частотою, рівній частоті обертання на цапфі. Оскільки швидкість обертання породоруйнівного органу визначає режим руйнування породи, то саме цій характеристиці долота приділялася найбільша увага всіма дослідниками, які займалися проблемами буріння свердловин одношарошковими долотами.

Крайні ситуації, які можуть виникнути в процесі буріння наступні:

1. Уповільнення обертання шарошки відсутня, і остання разом з корпусом долота обертається з тією ж швидкістю, що і корпус, навколо осі свердловини. При цьому шарошка не повертається навколо цапфи, що відбувається при заклинюванні долота. Шарошка, жорстко пов'язана з корпусом долота, працює на забої як фрезер. Зубки шарошки рухаються по круговим траєкторіях, радіус яких відповідає видаленню зубків від осі свердловини.

2. Максимальне уповільнення обертання шарошки можливо тоді, коли швидкість провороту шарошки навколо цапфи дорівнює швидкості обертання корпусу долота. Напрямок обертання шарошки навколо цапфи протилежно по відношенню до напрямку обертання долота (і самої цапфи, жорстко пов'язаної з ним). При цьому велика частина зубків (якщо немає зубків у вершини шарошки, то практично всі зубки) не роблять руху навколо осі свердловини, а рухаються по деяких еліптичних траєкторіях відповідно до «хитанням», але не обертанням щодо забою шарошки. У цій ситуації зубки, що знаходяться на вінці найбільшого діаметра просто здійснюють коливальні переміщення в межах від

максимального до мінімального свого положення, які вони можуть зайняти при провороті шарошки на цапфі.

Розглянута ситуація можлива при утворенні великого люфту в опорі долота. При цьому не відбувається інтенсивного руйнування породи на забої свердловини, знижується механічна швидкість буріння і, як наслідок, це призводить до припинення буріння даними долотом.

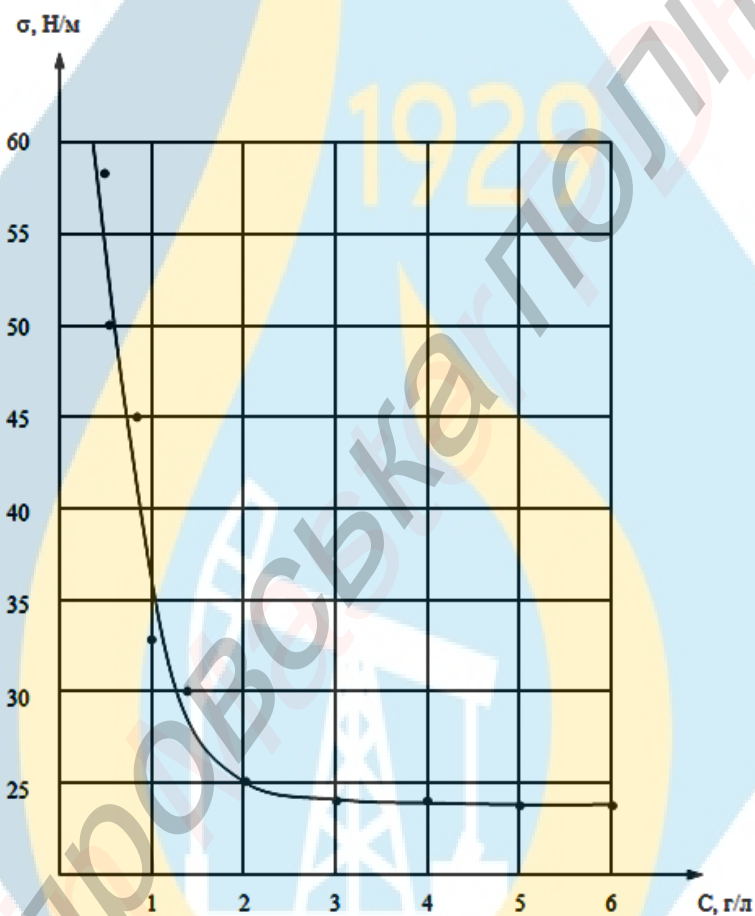


Рисунок 4.8 — Приклад ізотерми поверхневого натягнення водних розчинів суміші сульфонолу та ОП-10

За аналогією з передавальною характеристикою редукторних передач в машинобудуванні можна розглядати і уповільнення обертання шарошки як «редукторну передачу» обертання долота з частотою ω_1 обертання шарошки з частотою ω_2 навколо осі долота, що характеризується величиною:

$$v = \frac{\omega_1}{\omega_2} \quad (4.8)$$

При цьому треба мати на увазі, що деяку умовність такої аналогії, так як тут можна говорити лише про уповільнення обертання центрального вінця (або диска) шарошки, радіус якого дорівнює радіусу сфери шарошки і площину якого проходить через її центр. При цьому, якщо шарошка обертається навколо своєї цапфи з частотою $\omega_{ш}$, то уповільнення її обертання навколо осі свердловини дорівнюватиме $\omega_1 - \omega_{ш}$, а коефіцієнт уповільнення:

$$v = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{\omega_1 - \omega_{ш}}{\omega_1} = 1 - \frac{\omega_{ш}}{\omega_1}. \quad (4.9)$$

У таблиці для наочності наведені характеристики редукторної передачі обертання долота шарошки для різних ситуацій. В цілому ж шарошка тільки способом взаємодії з забоем нагадує зубчасту передачу. Абсолютно ясно, що механізм взаємодії шарошки з забоем набагато складніше механізму взаємодії трьох шестерень в зубчастій передачі. Тільки одна точка поверхні шарошки залишається нерухомою в кожен момент часу обертання долота, а саме – точка, що лежить на миттєвій осі обертання шарошки. Ця точка має нульову лінійну швидкість переміщення і зубок, що знаходиться в цій точці (якщо, звичайно, миттєва вісь обертання шарошки і вісь зубка збіглися), не переміщається, однак, він провертається навколо своєї осі. Всі інші зубки шарошки для розглянутого моменту часу мають лінійну миттєву швидкість [28].

$$v_{z,i} = \omega_m r_i, \quad (4.10)$$

де $v_{z,i}$ – миттєва лінійна швидкість i -зубка;

ω_m – миттєва частота обертання шарошки;

r_i – відстань від i -го зубка до миттєвої осі обертання шарошки.

Розглядаючи можливі різні ситуації, що виникають при контакті зубків з породою на забой свердловини під час буріння, необхідно визначити саме положення миттєвої осі обертання шарошки: тоді легко визначаються і швидкості руху окремих зубків, і їх траєкторія переміщення по сферичній поверхні забою, їх навантаженість і умови різання породи пласта.

Таблиця 4.6 – Характеристики конструкцій одношарошечних доліт

| Ознаки конструкції ОД і особливостей буріння | Шарошка заклинилася на цапфі | Кут нахилу цапфи $\alpha=30-60^\circ$, невелике уповільнення шарошки | Кут нахилу цапфи $\alpha=30-60^\circ$, значне уповільнення шарошки | Утворення великого люфту в опорі долота, кочення шарошки на забої |
|--|------------------------------|---|---|---|
| $v = \frac{\omega_1}{\omega_2}$ | 1 | 0,8-0,9 | 0,1-0,2 | 0 |
| $i = \frac{\omega_m}{\omega_1}$ | 0 | 0,2-0,1 | 0,8-0,9 | 1 |

Це найбільш простий шлях виявлення робочих характеристик долота. Геометрична інтерпретація у вигляді векторного представлення швидкостей обертання долота, шарошки і миттєвої осі дає наочну характеристику можливих співвідношень швидкостей обертання долота і шарошки, (рис. 4.9).

Якщо допустити, що обертання шарошки навколо цапфи не може перевищувати швидкість обертання долота, то гранична величина $v = 1$, тобто коли $\omega_1 = \omega_m$. При цьому кут нахилу миттєвої осі $\gamma = \infty$, як видно з векторної діаграми. Для застосовуваних в даний час доліт, у яких кут нахилу цапфи $\alpha=30^\circ$, $\gamma=75^\circ$. Таке допущення впливає з тих простих міркувань, що важко собі уявити ситуацію, коли куля, що контактує з породою по всій сферичній поверхні забою і примусово приводиться в рух проти сил опорів з боку забою, став би обертатися в протилежну сторону обертання долота зі швидкістю більшою, ніж швидкість обертання корпусу долота, що захоплює за собою шарошку. За абсолютною величиною частота обертання шарошки навколо миттєвої осі розглянутого положення дорівнює:

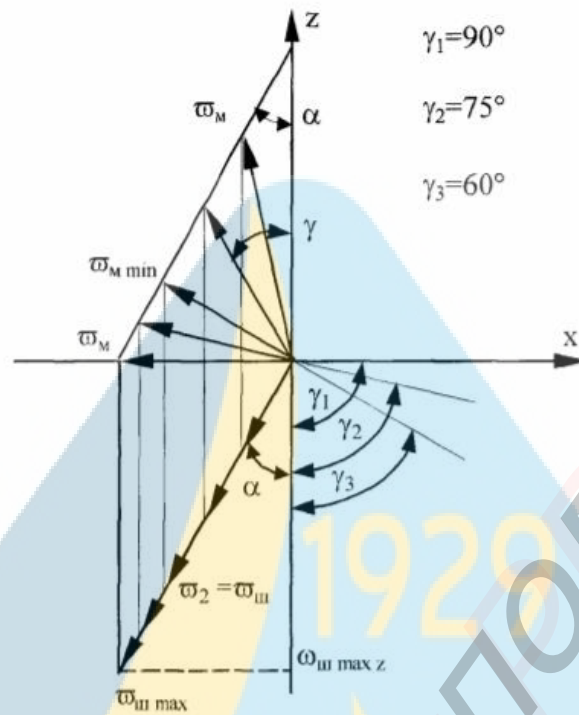


Рисунок 4.9 – Векторна діаграма швидкостей обертання долота, шарошки і миттєвої осі обертання.

$$\omega_M = 2\omega_1 \cos \gamma, \quad (4.11)$$

і при $\alpha = 30^\circ$:

$$\omega_M = 2\omega_1 \cos 75^\circ = 0.52\omega_1. \quad (4.12)$$

Однак, якщо шарошка має усічену з боку вершини форму або виконана у формі диска, то ситуація, коли частота обертання більшої частоти обертання долота, вже стає цілком допустимою і тоді можливий розгляд положення, коли миттєва вісь обертання шарошки дорівнює 90° .

Тоді,

$$\omega_M = \omega_1 \operatorname{tg} \alpha \quad (4.13)$$

Для $\alpha = 30^\circ$:

$$\omega_M = \omega_1 \operatorname{tg} 30^\circ = 0.557\omega_1 \quad (4.14)$$

З наведеної на рис. 4.9 векторної діаграми можна знайти також кут і величину мінімальної миттєвої швидкості обертання шарошки:

$$\gamma = \frac{\pi}{2} - \alpha, \quad (4.15)$$

$$\omega_{M.min} = \omega_1 \sin \alpha \quad (4.16)$$

або для $\alpha=30^\circ$, $\gamma=60^\circ$, $\omega_{m.min} = 0,5\omega_1$, що відповідає коефіцієнту уповільнення обертання шарошки навколо осі свердловини, рівному:

$$v = \frac{\omega_1}{\omega_2} = 1 - \frac{\omega_{ш}}{\omega_1} = 1 - \frac{\omega_1 \cos \alpha}{\omega_1}. \quad (4.17)$$

$$v = 1 - \cos 30^\circ = 0.133 \text{ або } \frac{1}{v} = 7,46. \quad (4.18)$$

Очевидно, що якби навантаженість зубків, рівномірно розподілених на шарошці, була однаковою, то шарошка б оберталася саме з уповільненням в 7,5 рази, тобто з частотою в 7,5 рази меншою частоти обертання долота. Тоді саме частоті $\omega_{m.min}$ відповідала б мінімальна енергія руйнування породи.

Таблиця 4.7

Умови проведення і результати дослідів з вивчення впливу середовища на процеси руйнування гірських порід на прикладі вапняку

| №№ дослідів | Середня швидкість зростання навантаження, Н/с | Середовище | Час поверхневої взаємодії, хв | Кількість дослідів | Усереднене значення руйнівного навантаження, Н |
|-------------|---|-------------------|-------------------------------|--------------------|--|
| 1 | 78 | Повітря | 8 | 4 | 3582,5 |
| 2 | 78 | Дистильована вода | 8 | 4 | 3497,4 |
| 3 | 78 | Сульфонол | 8 | 4 | 2759,9 |
| 4 | 78 | Сульфонол + ОП-10 | 8 | 4 | 2597,9 |

Таблиця 4.8

Результати досліджень впливу бурових агентів на процес поглиблення долота при руйнуванні пісковиків

| № | Робоче середовище | Середня швидкість поглиблення, мм/с | Прирощення швидкості поглиблення, % |
|---|--|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 1 | Технічна вода | 0,09 | - |
| 2 | Водний розчин сульфонолу | 0,128 | 42 |
| 3 | Водний розчин суміші сульфонолу та ОП-10 | 0,138 | 49 |

З наведеної також діаграми видно, що в міру наближення миттєвої осі

обертання шарошки до осі обертання долота відбувається уповільнення провороту шарошки навколо цапфи: при цьому $\omega_M \rightarrow \omega_1$, $\omega_{ш} \rightarrow 0$.

На рис. 4.7 наведено залежності $\omega_M = f(v, \alpha)$ – зміни швидкості обертання шарошки навколо миттєвої осі для різних величин нахилу цапфи – α і ступеня уповільнення v шарошки. Мінімальна величина $\omega_{M.min}$ знижується в міру зменшення кута нахилу цапфи. При цьому мінімальним величинам миттєвої осі обертання відповідає менша величина запізнювання обертання шарошки. Для великих кутів нахилу шарошки величина миттєвої швидкості обертання шарошки може перевищувати навіть швидкість обертання долота. В цілому з векторної діаграми, що представляє собою геометричний трикутник зі сторонами ω_1 , ω_M і $\omega_{ш}$ з кутами α і γ , прилеглих до сторони ω_1 можна знайти ряд співвідношень, більш наочних для аналізу можливих ситуацій при роботі долота.

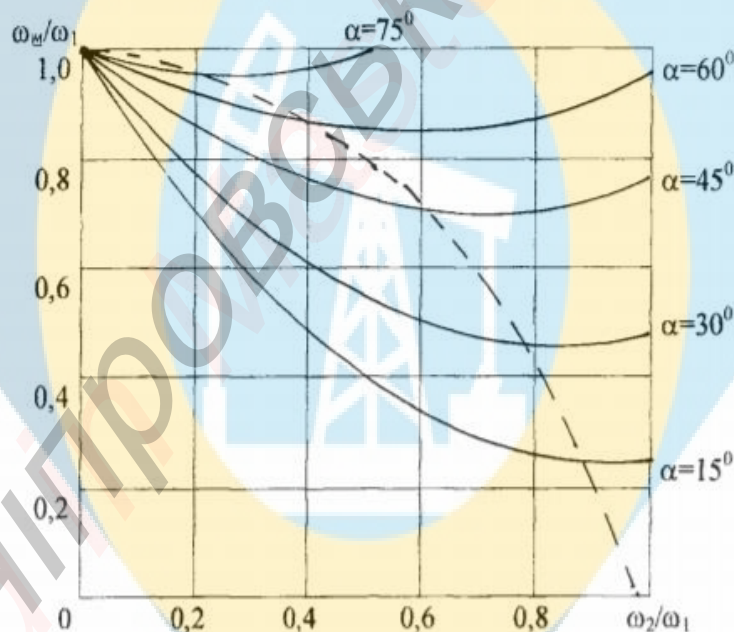


Рисунок 4.10 – Залежність $\frac{\omega_M}{\omega_1} = f(\alpha, \omega_2 / \omega_1)$.

Миттєва швидкість обертання ω_M дорівнює:

$$\omega_M = \omega_1 \frac{\sin \alpha}{\cos(\frac{\pi}{2} - \alpha - \gamma)} = \omega_1 \frac{\sin \alpha}{\sin(\alpha + \gamma)}, \quad (4.19)$$

а відносна частота обертання шарошки навколо цапфи $\omega_{ш}$ дорівнює:

$$\omega_{ш} = \omega_1 \cos - \omega_2 \sin \alpha \operatorname{ctg}(\alpha + \gamma) = \omega_1 \frac{\sin \gamma}{\sin(\alpha + \gamma)}. \quad (4.20)$$

Уповільнення обертання шарошки навколо осі свердловини щодо частоти обертання долота визначається коефіцієнтом уповільнення обертання:

$$\nu = \frac{\omega_2}{\omega_1} = 1 - \frac{\sin \gamma}{\sin(\alpha + \gamma)} = 2 \frac{\frac{\sin \alpha}{2} + \cos(\frac{\alpha}{2} + \gamma)}{\sin(\alpha + \gamma)}. \quad (4.21)$$

Таблиця 4.9

Результати досліджень структурно-механічних властивостей гірських порід на установці УМП-3 (зразок породи - граніт середньозернистий)

| Досліджувана поверхня | Найбільше навантаження P_p , кН | Середнє значення P'_p , кН | Твердість за штампом $p_{ш}$, кН/мм ² | Питома об'ємна робота руйнування, A_v | |
|--|-------------------------------------|------------------------------|---|---|------|
| Поверхня, оброблена кислотною рідиною (рН = 3) | 4,42; 6,35; 4,6; 4,23; 4,95; 6,1 | 5,1 | $6,5 \cdot 10^6$ | 6704 | 138% |
| Поверхня, оброблена лужною рідиною (рН = 9) | 4,8; 5,9; 3,9; 5,05; 5,4; 4,23 | 4,88 | $6,21 \cdot 10^6$ | 3870 | 80% |

5. ОХОРОНА ПРАЦІ

Аналізи нещасних випадків в бурінні свідчить про те, що велика частина їх відбувається внаслідок застосування неправильних прийомів праці. При веденні робіт нерідко порушують діючі правила з техніки безпеки. Це обумовлено або незадовільним інструктажем, або неправильної організації праці, або недостатнім технічним наглядом з боку інженерно–технічних працівників.

Значне число нещасних випадків пов'язано з тим, що при веденні робіт застосовується несправний інструмент і обладнання, не використовуються захисні засоби, недостатньо використовуються пристосування з техніки безпеки і малої механізації, що полегшують працю і запобігають небезпеці, що виникають під час виконання робіт. Для того щоб максимально знизити травматизм, необхідні висока кваліфікація робітників, знання або технологічних особливостей буріння свердловин, призначення, конструкція і правил експлуатації обладнання і механізмів, правильних і безпечних прийомів виконання робіт, а також високий рівень технічного нагляду з боку керівників робіт.

Поліпшення організації праці, механізація важких і трудомістких робіт, раціоналізація технологічних процесів, впровадження нових, більш досконалих видів обладнання, механізмів та інструменту – основні напрямки з підвищення продуктивності праці і створення здорової і безпечної виробничої обстановки на бурових підприємствах.

При бурінні нафтових і газових свердловин значне число нещасних випадків відбувається в процесі експлуатації обладнання. Правильний монтаж, своєчасний огляд обладнання та догляд за ним створюють умови для подальшої безпечної роботи. Тому перед введенням в експлуатацію знову змонтованої бурової установки необхідно перевірити укомплектованість її пристосуваннями і пристроями з техніки безпеки, елементами малої механізації, КВП і запасними ємностями.

Безпека роботи буде забезпечена, якщо бурове обладнання та інструмент

будуть відповідати нормам і правилам техніки безпеки.

5.1 Правила безпечної, експлуатації бурового обладнання та інструменту

При бурінні нафтових і газових свердловин значне число нещасних випадків відбувається в процесі експлуатації обладнання.

Головні механіки та енергетики відповідають за справний стан і своєчасне випробування парових котлів, апаратів, компресорних, насосних і газових установок. Начальник транспортного цеху відповідає за правильне утримання і безпечну експлуатацію транспортних засобів. Буровий майстер зобов'язаний організувати проведення всіх робіт в точній відповідності з вимогами технології і правил безпеки, продовжити у встановлені терміни інструктаж робітників.

Нові працівники до самостійної роботи допускаються тільки після проходження інструктажів з безпечного ведення робіт, перевірки знань, в необхідних випадках, і відповідного виробничого навчання, і стажування. На підприємстві проводиться цілий спектр інструктажів: вступний та інструктаж на робочому місці, який у свою чергу підрозділяється на первинний, періодичний, позачерговий та спеціальний (цільовий).

Забезпечення пожежної безпеки

Заходи з пожежної безпеки поділяються на чотири основні групи:

- а) попередження пожеж;
- б) обмеження сфери поширення вогню;
- в) максимальне збереження цінностей в зоні пожежі;
- г) створення умов ефективного гасіння пожеж.

Своєчасний профілактичний огляд обладнання та догляд за ним створюють умови для безпечної та безаварійної роботи

5.2 Техніка безпеки при проведенні бурових робіт

1. Всі роботи повинні проводитися в суворій відповідності з затвердженими проектами і з дотриманням «Єдиних правил безпеки при здійсненні геологорозвідувальних робіт».

2. Бурові установки (новозбудовані після переїзду або пересувні, що зазнали ремонту) повинні запускатися в експлуатацію тільки після приймання їх комісією. Комісія призначається керівниками геологорозвідувальної експедиції. По проходженні експедиції складається акт, який запевняє, що малогабаритна бурова установка готова до початку роботи і зможе здійснювати її відповідно до зводом «Єдиних правил безпеки при здійсненні геологорозвідувальних робіт». При прийманні бурильної установки, якої передбачається забурювання на глибину понад 1200 метрів, у складі комісії повинні бути присутніми представники Держнаглядохоронпраці.

3. Абсолютно всі робітники, які беруть участь в бурових роботах, повинні в обов'язковому порядку пройти медогляд, в ході якого повинні враховуватися умови їх роботи, а також профіль їх діяльності. Допускати до роботи осіб, за станом здоров'я не здатних виконувати свої службові обов'язки, забороняється.

4. До маніпуляцій з буровим обладнанням, а також до обслуговування силових агрегатів бурових установок, насосів, електростанцій та іншого бурового обладнання та інструменту не допускаються особи, які не мають відповідного посвідчення. Передача обслуговування та управління буровим обладнанням особам, які не мають на це прав, є грубим порушенням техніки безпеки.

5. Робітники допускаються до виконання робіт тільки після завершення навчання техніці безпеки і складання відповідних іспитів. Робітникам, яким належить здійснювати Підземні роботи, в обов'язковому порядку необхідно пройти курс з користування саморятівником.

При впровадженні нових методів праці або технологічних процесів, так само як і при впровадженні нових механізмів, інструментів та інших видів

бурового обладнання, всі робітники зобов'язані проходити додатковий інструктаж.

Незалежно від успішності проведення робіт і використовуваного бурового інструменту, повторний інструктаж всіх робітників повинен проводитися два рази на рік.

Проходження повторного інструктажу має реєструватися в "Книзі інструктування робітників з техніки безпеки", а сама книга повинна зберігатися у начальника загону (керівника робіт) або ж у інженера робітників з техніки безпеки.

6. Тривалість попереднього навчання робітників призначається головним інженером і може залежати від характеру виконуваних на об'єкті бурових робіт.

Після закінчення попереднього навчання кожен співробітник переходить під керівництво досвідченого робітника і працює в якості учня протягом терміну, затвердженого програмою навчання на виробництві. За цей термін учень повинен не тільки підвищити свою кваліфікацію, але і в повному обсязі засвоїти правила безпеки вироблених робіт. Після цього йому належить скласти іспит за своєю спеціальністю і отримати на руки документ, що засвідчує його право на здійснення маніпуляцій з буровим обладнанням.

Склад приймаючої випробування екзаменаційної комісії формується начальником партії.

7. Кожен робітник повинен виконувати тільки той вид діяльності, за яким він пройшов навчання. Без перекваліфікації і проходження інструктажу з техніки безпеки його переклад в Інші сфери неприпустимий.

8. Перш ніж почати роботу, машиніст малогабаритної бурової установки на гусеничній базі повинен перевірити справність двигуна, бурового насоса, а також всіх запобіжних пристроїв бурового обладнання.

9. Забороняється: запускати бурове обладнання до повного усунення несправності; залишати працюючу бурову установку без нагляду; знімати і надягати приводний ремінь без зупинки двигуна; запускати буровий насос без огорожі ремня; під час роботи лебідки братися руками за канат; запускати

обладнання, залишаючи на валу лебідки рукоятку ручного підйому; запускати силовий агрегат, коли фрикціон верстата включений; запускати бурове обладнання без огорожі муфти, шпинделя та інших рухомих частин.

10. Машиніст, який здає зміну, повинен сповістити про всі виявлені в ході роботи неполадки приймаючого машиніста. Крім того, всі неполадки повинні бути відзначені буровим майстром в журналі здачі–приймання зміни.

11. У разі виявлення найменшої небезпеки для робітників, помічник бурового майстра або сам майстер особисто зобов'язані негайно вжити заходів. Якщо ж ліквідувати небезпеку немає можливості, роботу бурового обладнання необхідно припинити, після чого евакуювати персонал в безпечне місце і негайно сповістити начальника загону, виконроба або старшого майстра.

Про надзвичайне припинення робіт і про ліквідацію поломки Буровий майстер повинен відзвітувати в журналі здачі–приймання зміни.

12. Наявність журналу зауважень з техніки безпеки є строго обов'язковим. Керівник робочого процесу (начальник загону, Буровий майстер, виконроб) зобов'язаний принаймні один раз в декаду перевіряти дотримання техніки безпеки на місцях, а про результати перевірки звітувати в журналі зауважень.

13. Всі члени тех. персоналу повинні бути укомплектовані спецодягом і всіма необхідними засобами захисту: касками, діелектричними рукавичками, захисними окулярами, запобіжними поясами, рукавицями. Спецодяг підбирається виходячи зі специфіки діяльності робітника.

14. Всі металеві конструкції малогабаритної бурової установки повинні бути заземлені. Всі застосовувані для заземлення пристрої повинні відповідати вимогам, що висуваються розділом «Електротехнічне ГОСПОДАРСТВО» техніки безпеки. У безпосередній близькості від пускової апаратури завжди повинні знаходитися захисні засоби (діелектричні рукавички і гумові килимки).

15. При здійсненні буріння поблизу об'єктів, що є потенційним джерелом загрози для працівників (високовольтні лінії електропередач, нафто – і газопроводи) повинні бути прийняті додаткові запобіжні заходи. Персонал повинен бути в обов'язковому порядку попереджений про небезпеку.

16. Ключі, молотки, кувалди, Ломи та інший ручний інструмент слід утримувати в повній справності. Всі інструменти, обладнані рукоятями, повинні бути міцно укріплені на них. Проводити роботи несправним інструментом Категорично забороняється.

17. Якщо робочий інструмент застосовується на висоті більше 2 метрів над рівнем землі, то його необхідно переносити в спеціальних сумках, а в процесі роботи прив'язувати.

18. Якщо того вимагає специфіка робіт, слід проводити подовження рукояток ключів. Воно може бути здійснено за допомогою надягання на них безшовних патрубків. Загальна довжина плеча при цьому не повинна перевищувати 2 м.

19. Якщо робота проводиться на висоті 2 метри від землі, то робочі місця повинні бути в обов'язковому порядку обладнані площадками з містками, мати сходи і перила. При здійсненні робіт на висоті понад 3 метрів всі робітники повинні надягати запобіжні пояси. Працювати на висоті забороняється при поганих погодних умовах (злива, гроза, поривчастий вітер силою від 5 балів, сильний снігопад).

20. Працюючи на висоті, робочим Категорично забороняється перекидати інструмент один одному. По завершенні зміни весь допоміжний Буровий інструмент повинен бути прибраний на місце.

21. Робочі приміщення стаціонарних бурових установок в обов'язковому порядку повинні бути обладнані протипожежним інвентарем.

22. На всіх робочих місцях повинні бути вивішені таблички, що попереджають про небезпеку, а також супутні інструкції і знаки.

23. На всіх без винятку виробничих об'єктах бурової вишки повинні бути медичні аптечки. Вони повинні містити бинт, йод, вату і докладні інструкції з надання першої допомоги.

24. Сторонні особи не повинні допускатися на об'єкт. Вхід в усі виробничі приміщення (бурові установки, насосні станції, пересувні електростанції) повинен здійснюватися за перепустками.

25. Забороняється допускати до виконання роботи осіб, які перебувають у нетверезому стані.

26. Всі пов'язані з виробництвом нещасні випадки повинні розслідуватися відповідно до регламенту.

5.3 Заходи безпеки при ліквідації аварій і ускладнень

Для попередження нещасних випадків з персоналом, що бере участь у ліквідації аварії, необхідно проводити наступні заходи.

1. Роботи з ліквідації аварій в свердловині Буровий майстер повинен вести під керівництвом старшого інженера зі складних робіт або головного інженера.

2. До спуску ловильного інструменту в свердловину необхідно перевірити стан бурового обладнання та інструменту. Після перевірки справності обладнання в свердловину спускають ловильний інструмент.

3. Площадка всередині вишки повинна бути вільною від сторонніх предметів.

4. Крім викладеного, при роботах зі звільнення прихопленою бурильної або обсадної колони необхідно видалити всіх робітників, крім бурильника, з небезпечної зони на відстань не ближче 60 м від вишки необхідно також додатково зміцнити штроп вертлюга від випадання з зіву гака петлями з пасом талевого каната, які закріплюються в сержках вертлюга.

5. При застосуванні кислотних ванн робітники, які беруть участь в змішуванні і закачуванні кислоти в свердловину, повинні працювати в костюмах з кислотостійкої тканини, що виключає ураження ділянок тіла кислотою. Особи працюючих повинні бути захищені маскою, руки – гумовими рукавичками, а ноги – гумовими чобітьми з брюками на випуск.

6. При відбиванні бурильної колони ротором з підйомного гака повинні бути зняті штропи.

При нафтових і кислотних ваннах під заливальної головкою або під провідною трубою встановлюється зворотний клапан.

5.4 Забезпечення пожежної безпеки на об'єкті буріння

Пожежна безпека при бурінні свердловини визначається двома основними факторами: наявністю на буровій площадці горючих матеріалів, як в умовах нормальної роботи, так і при виникненні аварійних ситуацій, а також можливістю утворення джерел запалювання в горючому середовищі.

Горючими матеріалами, присутність яких викликається виробничою необхідністю, є запаси палива для двигунів, промивні розчини на вуглеводневій основі, нафтопродукти, обтиральні матеріали і т. д.

Причинами, що сприяють появі в горючому середовищі джерел запалювання, можуть бути падіння і зіткнення погано закріплених частин обладнання, нагрів деталей, що труться в механізмах несправне або неправильно використовується електрообладнання, порушення правил пожежної безпеки і т. д.

Важливою умовою забезпечення пожежної безпеки є правильне пристрій і розміщення двигунів внутрішнього згоряння (ДВС).

Паливо від місця зберігання до напірного бачка має подаватися через паливопровід. Паливопровід обладнується запірним вентилем, що встановлюється в 5 м від стіни машинного приміщення.

Установка і обв'язка дві повинні забезпечити достатнє видалення нагріваються частин двигуна і потоку вихлопних газів від горючих матеріалів.

Вихлопні труби всіх дві повинні обладнуватися іскрогасниками.

Необхідною умовою забезпечення пожежної безпеки є суворе дотримання вимог, що пред'являються до електрообладнання.

Бурові установки повинні бути забезпечені аварійним освітленням напругою не вище 12 В і переносними вибухозахисними світильниками того ж напруги.

Освітлювальну і силову електропроводку на буровій площадці виконують проводами і кабелями, перетину і захист яких вибирають як для невибухонебезпечних приміщень і установок.

Безпека зварювальних робіт забезпечується суворим дотриманням " Типової інструкції про порядок ведення зварювальних та інших вогневих робіт на вибухонебезпечних, вибухопожежонебезпечних і пожежонебезпечних об'єктах нафтової промисловості».

Комплекс пожежно–профілактичних заходів на бурових включає в себе організацію поста або стану з комплектом протипожежного інвентарю. Набір первинних засобів пожежогасіння, що припадають на одну свердловину, що буриться, повинен включати: шість пінних вогнегасників, 2 м³ піску в ящиках, чотири лопати, два брукту, дві сокири, два багра, чотири пожежних відра.

Висновки

1. На підставі ґрунтового літературно-промислового аналізу показано визначальну роль бурового інструменту в забезпеченні максимальності показників за швидкістю поглиблення забою свердловини.

2. Встановлені напрямки роботи з поліпшення конструкцій доліт, їх окремих вузлів, технології виробництва, вдосконалення матеріалів, хіміко-термічної обробки, армування. Детально розглянуто та вивчено, з відповідними висновками, переваги та вади існуючих схем виконання найчутливіших до статичних і динамічних навантажень, впливу абразивного середовища та наявності змащення систем озброєння і опорних вузлів шарошечних доліт, як вітчизняних, так і закордонних моделей.

3. Визначено чинники працездатності та довговічності підшипникових елементів доліт та встановлено причини зносу опор доліт, які обумовлюються, в цілому, конструктивно-технологічними особливостями підшипникових елементів, а саме – односторонністю завантаженості бігових доріжок з боку забою і умовами буріння.

4. Шляхом аналітичних розрахунків та теоретичного аналізу умов роботи систем озброєння і підшипникових вузлів позначені передумови створення вдосконалених конструкцій шарошечних доліт та сформульовані засадничі принципи компонування систем бурових шарошечних доліт з детальним обґрунтуванням механізму їх роботи.

5. Надано ґрунтовну характеристику фізичним, хімічним та механічним матеріалам, що застосовуються і пропонуються до застосування в якості окремих деталей озброєння і підшипникових систем, також досліджено фізичні та хімічні властивості конструкційних матеріалів та робочих середовищ, що впливають на умови експлуатації підшипникових систем бурових доліт.

6. Встановлено конкретний зміст заходів зі створення оптимальних технологічних умов відпрацювання шарошечних доліт. Розроблені технічні рішення можуть бути впроваджені на основних об'єктах ведення бурових робіт як в Україні, так і за кордоном.

ЛІТЕРАТУРА

1. Буровой инструмент для геологоразведочных скважин/ Под ред. Н.И. Корнилова. – М.: Недра, 1989. – с. 480
2. Шарошечные долота и бурильные головки. Каталог. ПО Куйбышевнефтемаш. – М.: ЦИПТИХ им Нефтемаш, 1987. – 88 с
3. Виноградов В.Н. Одношарошечное долото ударного действия/ Виноградов В.Н., Сорокин Г.М., Шрейбер Г.К., Дворжак В.А., Рубарх В.М., Кличук В.Г. // Изв. вузов. Нефть и газ, 1975, – №7, с.99–104.
4. Масленников И.К., Матвеев Г.И. Инструмент для бурения скважин. – М.: Недра, 1981.
5. US patent No. 2013839 Roller drill bit. Pikin P.O. // No. 651912 1935
6. Совершенствование системы промывки одношарошечного долота./ В.Ф. Бочарников, А.Е. Анашкина, М.Л. Карнаухов // Проблемы совершенствования технологий строительства скважин и подготовки кадров для Западно–Сибирского нефтегазодобывающего комплекса: Материалы. Всерос. науч.–техн. конф. – Тюмень: ТюмГПГУ, 2000, –С.93
7. Жуховицкий С.Ю. Промывочные жидкости в бурении. – М.; Недра, 1976.–146 с.
8. Грей Дж. Р., Дарли Г.С.Г. Состав и свойства буровых агентов (промывочных жидкостей). – М.; Недра, 1985. – 375 с.
9. ДСТУ 3914–99 Мастила технологічні.
10. Курчин Н.И. Смазочные материалы для обработки металлов резанием – М.: Химия, 1972. –312 с.
11. Гавриленко Н.М., Давиденко А.Н., Дудля Н.А. Поверхностно–активные антифрикционные добавки при бурении скважин. К.: Наукова думка, 1990.
12. Вадецкий Ю.В. Бурение нефтяных и газовых скважин // Издательский центр «Академия».–2003.–352с.
13. Травкин В.С. Породоразрушающий инструмент для вращательного бескернового бурения скважин. – М.: Недра, 1982. – 190 с.

14. Стеглянов Б.Л. Создание и обработка долот с улучшенными кинетическими характеристиками.// РНТС «Бурение». – М.:ВНИИОЭНГЛ983. – №5 . – с.5–6
15. Основы бурения нефтяных и газовых скважин: Учебное пособие/ А.Г. Калинин, В.С. Литвиненко, А.И. Радин. Санкт-Петерб. гос. горный ин-т. СПб, 1996. 220с.
16. Введение в математическое моделирование : уч. пособие / под ред. П.В. Трусова.— Москва : Университетская книга, Логос, 2007.— 440 с.
17. Советов, Б. Я. Моделирование систем : учеб. для вузов / Б.Я. Советов, С.А. Яковлев.— Москва : Высш. шк.,2001.— 343 с.
18. Губарь, Ю.В. Введение в математическое программирование / Ю.В. Губарь.— Москва : Интернет–Университет информационных технологий, 2007.— 199 с.
19. Бочарников В.Ф., Нагрузки на вооружение одношарошечного долота./ В.Ф. Бочарников, А.Е. Анашкина, М.Л. Карнаухов // Изв. вузов. Нефть и газ, – Тюмень,ТюмГНГУ, 2000, – №5, –с. 112–117.
20. Спиридонов С.В. Математическое моделирование процесса износа вооружения бурильного инструмента / С.В. Спиридонов, Д.Ю. Сериков // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2014. – №10. – С. 37.
21. Способы армирования шарошек буровых долот и бурильных головок твердым сплавом релит. Технические требования, правила и нормы приемки. РД 39–2–92–78. – М., 1978. – С. 34–39.
22. Спиридонов С.В., Сериков Д.Ю. Методика определения геометрических параметров вооружения бурового инструмента на основе математического моделирования / С.В. Спиридонов, Д.Ю. Сериков // Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса. – 2014. – №6. – С. 29–33.
23. Сериков Д.Ю. Совершенствование геометрии вооружения буровых долот для бурения мягких пород / Д.Ю. Сериков, К.А. Пиканов // Территория «НЕФТЕГАЗ». – 2014. – №11. – С. 19–23.

24. Сериков Д.Ю. Совершенствование косозубого вооружения ведущих венцов шарошек бурового инструмента / Д.Ю. Сериков, К.А Пиканов // Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса. – 2014. – №5. – С. 6–8.
25. Головин С.А., Пушкар А. Микропластичность и усталость металлов. – М.: Металлургия, 1980, 240с.
26. Адамеску Р.А., Гельд П.В., Митюшов Е.А. Анизотропия физических свойств металлов. – М.: Металлургия, 1985. – 136с.
27. Зорин А.п. , Халимендик Ю.М. Колесников В.Г. Механика разрушения горного массива и использование его энергии при добыче полезных ископаемых. – М.: Недра,2001.
28. Виноградов В.П., Г.М. Сорокин, А.Н. Пашков, Рубарх В.М. Долговечность буровых долот. – М.: Недра, 1977. – 256 с.
29. Анашкина А.Е. Кинематика одношарошечного долота/ А.Е. Анашкина, В.Ф. Бочарников , М.Л. Карнаухов // Изв. вузов. Нефть и газ, 2000, – №6, с.72–75
30. Саркисов В.С. Повышение долговечности одношарошечных долот/ Саркисов В.С. ,Зубарев А.В . В сб.: Техника и технология бурения глубоких скважин Северного Кавказа.// Тр. СевКавПИПИнефти, Грозный, 1974. – №37. – с.37–42.

ДОДАТОК А
Відомість матеріалів кваліфікаційної роботи

| № | Формат | Позначення | Найменування | Кількість аркушів | Примітка |
|----------|---------------|-------------------|---|--------------------------|-----------------|
| 1 | | | | | |
| 2 | | | Документація | | |
| 3 | | | | | |
| 4 | A4 | НГІБ.КР.20.07.ПЗ | Пояснювальна записка | 106 | |
| 5 | | | | | |
| 6 | | НГІБ.КР.20.07.ДМ | Демонстраційний матеріали | 10 | |
| 7 | | | | | |
| 8 | | | Геологічна карта ділянки (родовища) | | |
| 9 | | | Геологічний розріз ділянки (родовища) | | |
| 10 | | | Геолого-технічний проект | | |
| 12 | | | Пропозиції з удосконалення технології буріння | | |

ДОДАТОК Б

ВІДЗИВ

на кваліфікаційну роботу магістра на тему: «Підвищення ефективності шарошечного породоруйнуючого інструменту» студентки групи 185м-19з-1 ГРФ, П'ятниці Катерини Володимирівни

1. Метою кваліфікаційної роботи магістра є оволодіння методами самостійного рішення прикладних і спеціальних інженерних задач, обробка й узагальнення результатів досліджень шляхом комплексного використання отриманих у процесі навчання знань та умінь.

2. Розробка раціональних систем озброєння та опор бурових шарошкових доліт різних конструкцій є складовою програми розвитку нафтогазової галузі України.

3. Тема роботи безпосередньо пов'язана з об'єктом діяльності магістра за спеціальністю 185 «Нафтогазова інженерія та технології».

4. Тема та зміст роботи відповідає освітньо-професійній програмі підготовки магістра за спеціальністю 185 «Нафтогазова інженерія та технології», зокрема в розділі удосконалення техніки спорудження нафтових і газових свердловин та організаційної діяльності у відповідності до вимог сучасного виробництва та конкурентоспроможної економіки.

5. Практичне значення та оригінальність технічних рішень полягає в наступному: проаналізовано вплив експлуатаційних чинників на умови роботи озброєння і підшипникових вузлів в цілому, та на окремі деталі зокрема, на підставі чого сформульовані і обґрунтовані основні пункти інженерної методики розрахунку конструкції систем озброєння і вкладишів підшипникових вузлів ковзання; досліджено ґрунтовні фізичні та хімічні властивості конструкційних матеріалів та робочих середовищ, що впливають на умови експлуатації підшипникових систем бурових доліт.

6. Роботу виконано із застосуванням, зокрема, пакетів прикладних програм Excel, Mathcad, Компас 3D.

7. Робота відповідає стандартам щодо оформлення.

8. Ступінь самостійності виконання кваліфікаційної роботи високий.

9. За умов відповідного захисту, кваліфікаційна робота заслуговує оцінки «відмінно» (92 бали).

10. Недоліків, які б слугували підставою для зниження зазначеної оцінки, кваліфікаційна робота не містить.

Керівник кваліфікаційної роботи,
проф. кафедри НГІБ

Давиденко О.М.