

Навчально-науковий інститут «Інститут геології»  
Київський національний університет імені Тараса Шевченка

## **МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ**

до практичних занять з курсу «Технологія буріння».  
Частина 1. Водозабірні свердловини.

Київ, 2024

УДК 622.2

Методичні рекомендації до практичних занять з курсу «Технологія буріння». Частина 1. Водозабірні свердловини. / К: ВПЦ «Київський університет», 2024. – Електронне видання - 32 с.

Методичні рекомендації містять короткі теоретичні відомості з технології буріння водозабірних свердловин та викладені приклади розв'язання навчальних практичних задач пов'язаних з проектуванням конструкції свердловини та вибору методики буріння. Рекомендовано для студентів ННІ «Інститут геології» за спеціальністю 103 – Науки про Землю та споріднених спеціальностей ЗВО.

Автор:

Сидорчук Віталій Сергійович, кандидат геологічних наук

Рецензенти:

Огар Віктор Володимирович, доктор геологічних наук, професор

Омельчук Олександр Васильович, кандидат геолого-мінералогічних наук

Рекомендовано до розміщення на сайті:

кафедрою геології родовищ корисних копалин

протокол № 13 від 26 березня 2024 р.

вченою радою ННІ «Інститут геології»

протокол № \_\_ від \_\_\_\_\_ 2024 р.

© Віталій СИДОРЧУК, 2024

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1. Розрахунок конструкції свердловини.....	5
2. Вибір способу буріння та бурової установки.....	8
3. Технологія буріння.....	10
4. Розрахунок цементування свердловини.....	14
5. Вибір фільтру .....	17
6. Вибір типу і марки водопідйомного обладнання .....	19
7. Розрахунок ерліфту.....	21
8. Викривлення свердловини та ліквідація аварій.....	23
9. Розрахунок часу на буріння.....	26
10. Техніка безпеки при бурінні.....	27
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	29
ДОДАТКИ.....	30

## ВСТУП

Буріння свердловин – це трудомісткий та водночас дуже важливий технологічний процес, що забезпечує геологічну галузь найбільш достовірним джерелом інформації про типи та характер залягання гірських порід, які знаходяться на значних глибинах. Розуміння технологій буріння, знання бурового обладнання та набору технічних прийомів дозволяє фахівцям у цій галузі оптимізувати операції буріння свердловин для ефективнішого видобутку природних ресурсів. Буріння також має широке застосування у багатьох інших сферах господарства. Без нього неможливо уявити сучасні технології будівництва, створення систем водопостачання, зрошення та осушення, видобуток корисних копалин.

У даній роботі головна увага приділяється основам буріння водозабірних свердловин з розглядом питань про свердловину як гірничу виробку, її призначення та способи буріння. Висвітлюються питання про технології буріння в різних геологічних умовах, способи експлуатації свердловин на воду, типи бурових інструментів, обрахунки витрат на цементування свердловини, технології промивання, конструкції водоприймальної частини, типи фільтрів та вимоги до водозабірних свердловин. Також коротко описані питання викривлення свердловин, аварій при бурінні та техніка безпеки на бурових роботах.

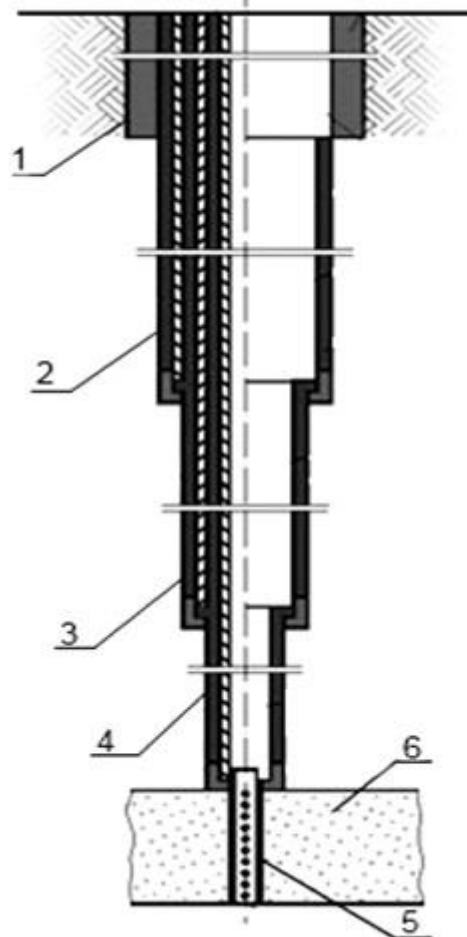
Методичні рекомендації до виконання практичних робіт призначені допомогти студентам спеціальності 103 – Науки про Землю, (освітня програма «Геологія, пошуки та оцінка корисних копалин») при виконанні практичних робіт з курсу «Технологія буріння».

## 1. Розрахунок конструкції свердловини

*Гірнична виробка* – це порожній простір, який утворений штучним шляхом у товщі корисних копалин або пустих порід для розвідки або розробки родовищ корисних копалин [8].

*Бурова свердловина* – гірнична виробка циліндричної форми, яка має значно більшу глибину порівняно з невеликим поперечним перерізом.

До елементів свердловини належать: *устя* – початкова частина свердловини, що може виходити на земну поверхню, або у будь-яку підземну виробку (Рис. 1); *вибій* свердловини – нижній кінець виробки, що переміщується в процесі буріння; *стінки* – бічна циліндрична поверхня свердловини; *стовбур* – простір, що обмежений стінками свердловини [7].



**Рис. 1. Схема конструкції свердловини [7].** (1 – напрямна колона, 2 – кондуктор, 3 – проміжна колона, 4 - експлуатаційна колона, 5 – фільтр, 6 – продуктивний пласт)

Параметри свердловини включають її глибину, діаметри стовбура (діаметри породоруйнівних інструментів, що застосовувалися при бурінні окремих інтервалів), зенітні та азимутальні кути. Загальна глибина свердловини – це відстань від устя свердловини до вибою по осі свердловини. Серед діаметрів свердловини виділяють: початковий (діаметр, яким розбурюється свердловина), кінцевий (діаметр, яким свердловина закінчується) та проміжні. Діаметр свердловини може змінюватися в межах від 26 до 1500 мм в залежності від її геологічного завдання.

Конструкція свердловини – це технічний розріз свердловини зі вказаними діаметрами буріння по кожному її інтервалу, діаметрами та глибинами опускання колон обсадних труб, а також місцями та способами тампонування [13].

Проектна конструкція свердловини складається на основі геологічного розрізу з урахуванням наступних параметрів: фізико-механічних властивостей гірських порід, глибини свердловини, необхідного кінцевого діаметра свердловини, мети проходки свердловини та способів її буріння. За проектним геологічним розрізом складання конструкції свердловини ведеться знизу вгору, починаючи з обґрунтування кінцевого діаметру буріння.

При бурінні свердловин на воду кінцевий діаметр визначається діаметрами фільтра та габаритами водопідйомника, які, в свою чергу, залежать від експлуатаційної продуктивності свердловини. При малій продуктивності свердловин (до 10 м<sup>3</sup>/год) кінцевий діаметр береться 100-150 мм, при середній (до 50 м<sup>3</sup>/год) – 100-150 мм, при високій (більше 50 м<sup>3</sup>/год) – 250-400 мм.

При виборі конструкції свердловини слід керуватися наступними міркуваннями:

- конструкція свердловини повинна бути найпростішою (мати найменшу кількість обсадних колон різних діаметрів);
- діаметри буріння повинні бути якнайменшими і водночас забезпечувати виконання всіх поставлених геологічних завдань.

При врахуванні даних рекомендацій збільшується швидкість проходки при бурінні, зменшується витрата електроенергії і зношення матеріалів, а також знижується вартість робіт [9].

**Обсадні труби** застосовуються для:

- закріплення стінок свердловини у нестійких породах (наприклад піски, галечники, пливуні);
- ізоляції горизонтів;
- перекриття ділянок тріщинуватих і роздрібнених порід та зон, які поглинають промивальну рідину;
- укріплення устя свердловини [1].

При використанні однієї обсадної колони конструкція свердловини називається одноколонною, двох – двоколонною, трьох – триколонною. Колони обсадних труб встановлюються у свердловині концентрично, й кожна з них у більшості випадків виводиться на поверхню.

Перша колона (Рис. 1) називається *напрямною*. Вона завжди починається від устя свердловини і підтримує необхідний напрям свердловини при бурінні та опусканні наступних обсадних колон. Напрямна колона, як правило, встановлюється на глибину 3-30 м.

Друга колона труб називається *кондуктором* та призначена для перекриття слабких нестійких порід у верхніх зонах свердловини, а також для забезпечення буріння в заданому напрямку. Глибина установки башмака колони може змінюватися від 30 до 300 м і навіть може досягати в

окремих випадках 800 м. Кондуктор заглиблюють у стійкі монолітні породи на глибину від 1 до 5 м.

Третя колона називається *проміжною* або *технічною*, слугує для ізоляції інтервалів слабкозв'язаних нестійких порід і зон поглинання промивальної рідини. Глибина спуску колони залежить від місця розташування ускладнених інтервалів.

*Основна* або *експлуатаційна* колона опускається до покрівлі водоносного горизонту та створює надійне ізольоване середовище для відкачування води.

В залежності від геологічного розрізу ділянки бурових робіт та характеру конкретного завдання спершу визначається глибина буріння під кондуктор і основну колону, а потім обраховуються наступні параметри [15]:

- $D_1$  – внутрішній діаметр основної колони;
- $D_2$  – зовнішній діаметр основної колони;
- $D_3$  – діаметр долота для буріння під основну колону;
- $D_4$  – внутрішній діаметр кондуктора;
- $D_5$  – зовнішній діаметр кондуктора;
- $D_6$  – початковий діаметр буріння;
- $D_7$  – кінцевий діаметр буріння.

Після визначення всіх необхідних діаметрів обсадних труб обраховується загальна маса кондуктора та основної колони. Для цього потрібно масу одного метру обсадної труби (кг) помножити на її загальну довжину, що була спроектована при розрахунку конструкції свердловини.

### ***Питання для самостійної підготовки***

1. Якими факторами потрібно керуватися при виборі конструкції свердловини?
2. Для чого застосовуються обсадні труби?
3. Яка основна функція напрямної колони?
4. З якою метою у свердловину встановлюють кондуктор?
5. До якої глибини проектується довжина основної колони?

## 2. Вибір способу буріння та бурової установки

Класифікація способів буріння базується на типах руйнування гірської породи (механічний, фізичний, тощо) і уточнюється додатковими параметрами: формою вибою, характером застосування енергії руйнування та конструкцією бурового механізму, тощо [6].

При розвідувальному та експлуатаційному бурінні широко застосовується механічний спосіб руйнування порід, який, залежно від характеру дії породоруйнівного інструменту на гірську породу, поділяється на обертальне, ударно-канатне, ударно-обертальне та вібробуріння.

При *обертальному* способі буріння руйнування гірської породи на вибої свердловини відбувається шляхом різання, сколювання і стирання спеціальними буровими інструментами (долото, алмазні, твердосплавні або дробові коронки і т.д.). Він поділяється на колонкове (буріння кільцевим вибоєм з використанням коронок та отриманням керну) та безкернове (буріння суцільним вибоєм з використанням доліт). Обертальне буріння складає 90% від загального об'єму буріння свердловин на воду, що проводиться в Україні [16].

При *ударно-канатному* способі буріння гірська порода руйнується під дією ударів по вибою спеціальним буровим інструментом (долото ударного типу, буровий стакан). Буровий інструмент опускається в свердловину з висоти й приводиться в дію сталевим канатом. У м'яких та пухких породах поглиблення відбувається желонками, що дозволяють одразу витягати зруйновану породу на поверхню. Ударно-канатним способом можливе буріння свердловин глибиною до 150 м з великим діаметром від 150 до 1000 мм.

*Ударно-обертальний* спосіб буріння відбувається за рахунок одночасної ударної та обертальної дії гідрударників або пневмоударників. Порода руйнується за рахунок обертання породоруйнівного інструменту та застосування осьового і ударного навантажень. Шлам виноситься зі свердловини на поверхню водою або стисненим повітрям. Ударно-обертальний спосіб для буріння свердловин на воду успішно застосовують такі країни як Швеція, Німеччина та США.

*Вібробуріння* відбувається за допомогою заглиблення вібратором (віброзанурювачем, вібромолотом) зонду в м'який ґрунт із великою швидкістю. Зонд – це породоруйнівний інструмент, який являє собою трубу з поздовжнім перерізом. Під дією високочастотної вібрації в ґрунті виникають фізичні явища, які зменшують сили тертя і зчеплення в ньому. Після підйому зонда порода може бути виїнята на поверхню з майже непорушеною структурою.

Обертальне (роторне) буріння зазвичай є оптимальним варіантом для буріння свердловини на воду та має велику перевагу перед ударно-канатним у відношенні швидкості проходження геологічного горизонту, а також потребує менших витрат коштів. Недоліком цього способу буріння є те, що водоносний горизонт забруднюється буровим розчином. Це явище водночас



не притаманне для ударно-канатного буріння і є його перевагою.

Для буріння неглибоких свердловин (до 50 м) з незначними дебітами також може бути використане *шнекове* буріння, при якому зруйнована порода виноситься з вибою на поверхню гвинтовим транспортером – колоною шнеків. Шнек являє собою трубу, до зовнішньої поверхні якої приварена спіральна лопать з листової сталі товщиною 5-7 мм.

Для буріння свердловин на воду в основному застосовуються бурові установки пересувного типу. Самохідна бурова установка обирається за наступними параметрами:

- глибина буріння.
- вантажопідйомність лебідки.
- початковий діаметр свердловини.

При застосуванні роторного буріння застосовуються установки типу УРБ-2А, УРБ-3АМ, БА-15В, БА-15Н, ПБУ-2, УБВ-600 та ін. Серед зарубіжних аналогів відомі установки ТН5, Т2W, Т4W, RD20 (всі виробництва компанії Atlas Copco), LM-22, LM-45, LF-70, LF-90 (всі виробництва компанії Boart Longyear), B01/B1A (компанія VIRT), D-4 (компанія GraeLins), тощо [8, 16].

Ударно-канатне буріння може бути виконане установками УГБ-3УК, УКС-22М2, УКС-30М2, БУ-20-2М [15].

Після проектування конструкції свердловини в залежності від глибини, характеру геологічного розрізу та проектного дебіту свердловини обирається тип буріння, бурова установка та записуються її загальні технічні параметри.

### ***Питання для самостійної підготовки***

1. Які існують типи буріння залежно від характеру дії породоруйнівного інструменту?
2. Опишіть характер руйнування порід при обертальному та ударно-канатному типах буріння.
3. Наведіть основні переваги та недоліки обертального буріння.
4. Яка на вашу думку основна сфера застосування ударно-канатного буріння?

### 3. Технологія буріння

Технологічний процес спорудження свердловин на воду дещо відрізняється від процесу буріння свердловин на корисні копалини необхідністю забезпечення довгострокової експлуатації свердловини (стійкості стовбура, відсутності взаємозв'язку різних водоносних горизонтів), а також бурінням свердловини у відносно добре вивчених геологічних умовах, що дозволяє проводити ці роботи суцільним вибоєм без відбору керна [14].

Процес спорудження свердловини на воду включає підготовчий, основний і завершальний етапи.

Підготовчий етап включає наступну послідовність операцій:

1. Винесення точки закладення свердловини на місцевості.
2. Планування та облаштування бурового майданчика.
3. Обладнання циркуляційної системи для промивальної рідини.
5. Монтаж вишки, допоміжних будівель та устаткування.
6. Підготовка під'їзних шляхів, ліній електропередач.
7. Перевірка готовності бурової установки до виконання робіт [8].

Основний етап являє собою безпосередньо буріння свердловини та всі супутні допоміжні операції. Завершальний етап об'єднує комплекс гідрогеологічних спостережень та геофізичних досліджень у свердловині, витягання обсадних труб, ліквідаційне тампонування, демонтажні роботи та рекультивацію площі, що була відведена під бурові роботи.

**Підготовчі роботи та обладнання бурових установок.** Бурове та допоміжне обладнання розташовується на підготовленій спеціальній площі, розташування якої обов'язково погоджують із замовником та органами місцевого самоврядування. Бурову установку встановлюють на відстані не менше ніж полуторна довжина щогли від доріг та будівель. Також забороняється розташовувати бурову установку поблизу ліній високовольтних передач.

Розмір бурового майданчика встановлюється виходячи, переважно, з типу та габаритів бурової установки, транспортних умов та рельєфу місцевості. В центрі майданчика розташовують бурову установку, по боках від неї стеляжі бурильних і обсадних труб, майданчик для зберігання глини; в безпосередній близькості має бути наявним пожежний щит, далі – вагон-гуртожиток для персоналу. Наступними розміщують буровий насос, глиномішалку, обладнують відстійники та укріплюють їх стінки, встановлюються цистерни для води у випадку відсутності джерела водозабезпечення. При роботі у зимовий час бурова установка має бути обладнана брезентовим накриттям та опалювальними приладами.

В буровій установці вмонтовані: ротор, лебідка, силовий агрегат приводу лебідки та ротора, бурові насоси. Також в ній знаходиться компресорна станція з повітрозбірником та комплекс електропускової апаратури для електроприводу лебідки і бурових насосів. Зверху на буровій вежі встановлений кран-блок, що зібраний з декількох роликів. Канат,

кінець якого закріплений в барабані лебідки, проходить через ролики кран-блоку та рухомого талевого блоку [3, 13].

Монтаж та демонтаж бурового обладнання проводить бурова бригада під керівництвом старшого бурового майстра відповідно до інструкції з експлуатації бурової установки та правил техніки безпеки. Буріння свердловини не починається без наявності затвердженого геолого-технічного наряду та необхідного для цього обладнання та матеріалів. Також перед початком робіт проводиться інструктаж та перевірка знань техніки безпеки у персоналу.

**Вибір типу і конструкції долота.** Для буріння використовують долота різноманітних типів і конструкцій, які доцільно застосовувати у певних визначених умовах – лопатеві, гідромоніторні та шарошкові [2, 15].

При обертальному бурінні зазвичай застосовуються шарошкові долота, що придатні для буріння гірських порід з різними показниками твердості, абразивності і пластичності. Залежно від міцності порід та їх категорії за буримістю, для проходки свердловин суцільним вибоєм застосовують долота відповідних типів (Таблиця 1).

**Таблиця 1. Основні типи доліт відповідно до міцності порід [13].**

Тип долота	М	С	Т	К
Характеристика і категорія порід	М'які I-IV	Середні V-VII	Тверді VII-IX	Міцні IX-XII

В м'яких, пластичних породах і породах середньої міцності застосовують шарошкові долота дробильно-сколювальної дії (М, МЕ, МС, МСЕ). В породах середньої твердості застосовують долота типу С та СТ. Долота типу Т застосовують для буріння твердих і мало абразивних порід. Зубчасто-штиреві долота типу ТК застосовують для буріння змінних за твердістю та міцних порід. В міцних породах застосовують шарошкові долота типу К, а в дуже міцних долота типу ОК.

Але підбір типу долота тільки за параметром міцності порід у більшості випадків є неприйнятним. Великий вплив на роботу долота спричиняє також ступінь абразивності гірських порід, їх тріщинуватість та інші фактори [6].

Перед спусканням долота в свердловину буровому майстру необхідно оглянути його, щоб переконатися у відсутності люфту шарошок та непошкодженості штирів і зубців, перевірити стан промивальних каналів. Нове долото має бути припрацьоване протягом 15 хвилин при зменшених осьових навантаженнях (вдвоє менших від оптимальних).

Продовжують буріння з повільним збільшенням навантаження до оптимальних значень. Заборонено навантажувати долото до початку обертання для запобігання його зламу, а також бурильних труб або їх з'єднань.

**Умови роботи бурильної колони.** Бурильна колона у процесі поглиблення свердловини виконує наступні функції:

- створює осьове навантаження на долото;
- передає обертання від ротора до долота;
- забезпечує подачу промивальної рідини на вибій.

Залежно від умов буріння застосовують сталеві бурильні труби різних типів (умовний зовнішній діаметр їх може складати 60, 73, 89, 102, 114, 127, 140 та 168 мм) і товщиною стінки від 7 до 11 мм.

При обертальному способі буріння, ротор встановлюється над устям свердловини і обертає колону бурильних труб із долотом на нижньому кінці. Колона бурильних труб, підвішена за допомогою гачка до талевого блока плавно опускається буровиком за допомогою гальм барабана лебідки при зануренні долота в породу. При цьому буровий майстер так регулює подачу інструменту, щоб нижня частина колони, зібрана з важких труб створювала тиск на шарошкове долото.

При бурінні пересувними установками свердловин на воду глибиною до 150-200 м навантаження на 1 см долота знаходиться в межах 0,78-3,8 кН, в залежності від фізико-хімічних властивостей порід. Частота обертання бурового інструменту може коливатися від 100 до 300 об/хв. В абразивних породах необхідно знижувати частоту обертання снаряда, а осьове навантаження збільшувати до рекомендованих максимальних значень. Частоту обертання зазвичай зменшують також зі збільшенням глибини свердловини.

Для зміни спрацьованого долота колону бурових труб піднімають на поверхню, яку по черзі розгвинчують на окремі труби (свічі). При підніманні та опусканні бурильної колони на самохідних бурових установках двоє робітників з ключами працюють біля ротора, а буровий майстер керує лебідкою [13].

**Промивання свердловини** виконує наступні функції:

- охолоджує породоруйнівний інструмент;
- видаляє продукти руйнування гірської породи;
- підтримує стінки свердловини у стійкій рівновазі та запобігає проникненню в стовбур свердловини підземних вод та флюїдів;
- знижує коефіцієнт тертя труб по стінкам свердловини та потужність, що затрачається на їх обертання [3].

При *прямій* схемі промивання під час буріння промивальна рідина (глинистий розчин) всмоктується через шланг в колону бурильних труб. Потік рідини рухається вниз по трубам, охолоджує долото і транспортує зруйновану породу (шлам) на поверхню по пустому кільцевому каналу між колоною бурильних труб та стінками свердловини. При *зворотній* схемі промивальна рідина рухається до вибою свердловини по затрубному простору і повертається через внутрішній канал бурильних труб. При *комбінованій* схемі рух промивальної рідини здійснюється за схемою прямого промивання а у привибійній частині – за схемою зворотного

промивання. Найбільшого застосування через простоту її виконання набула саме схема з прямим промиванням, однак схеми зі зворотним та комбінованим промиванням забезпечують кращу чистоту вибою (Рис. 2).

Кількість промивальної рідини, яка подається на вибій, має забезпечувати своєчасне видалення продуктів руйнування гірських порід. За недостатнього промивання свердловини зменшується не лише механічна швидкість буріння, але й зношення долота. При неможливості збільшення інтенсивності промивання буровому майстру варто перейти на режим буріння з пониженим осьовим навантаженням.

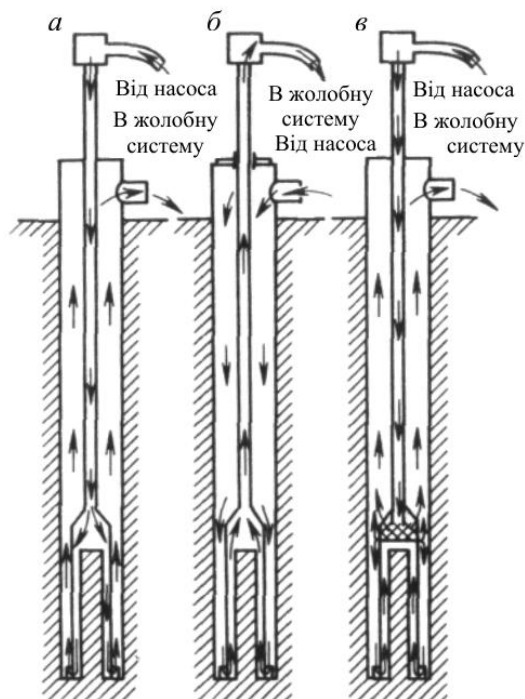


Рис. 2. Схеми промивання свердловин [8]. (а – пряма; 2 – зворотна; 3 – комбінована)

При обертальному бурінні витрата промивальної рідини розраховується, виходячи зі швидкості висхідного потоку, величина якої має бути не менше 0,8 - 1,2 м/с. У м'яких породах інтенсивність шламоутворення більша і тому значення швидкості висхідного потоку рідини має бути вищим, ніж при бурінні твердих порід.

Послідовно записуються основні технологічні процеси які будуть використовуватись при обраному типі буріння та бурової установки.

### ***Питання для самостійної підготовки***

1. Чим відрізняється технологічний процес спорудження свердловин на воду від процесу буріння свердловин на корисні копалини?
2. Які існують типи доліт відповідно до міцності порід?
3. Які параметри потрібно врахувати при спорудженні бурової установки?
4. Які операції необхідно обов'язково виконати після заміни долота?

#### 4. Розрахунок цементування свердловини

Кріплення свердловин за допомогою цементного розчину застосовується для закріплення стінок свердловини, ізоляції продуктивних горизонтів від інших водоносних пластів, утримання обсадних колон та створення надійного каналу в свердловині для підйому води на поверхню. Цементні розчини широко застосовуються як при бурінні глибоких свердловин на нафту та газ, так і при бурінні розвідувально-експлуатаційних свердловин на воду [3, 4]. Тампонування цементним розчином здійснюється шляхом щільного заповнення відстані між обсадними трубами та стінками свердловини. Для цих робіт найчастіше беруть цемент марок 400, 500, 600. Цементуючі агрегати при цьому змонтовані на шасі автомобілів. За допомогою цементуючих агрегатів у свердловину закачують цементний, глинистий розчини, а також здійснюють промивальні і продавлювальні роботи (Рис. 3).

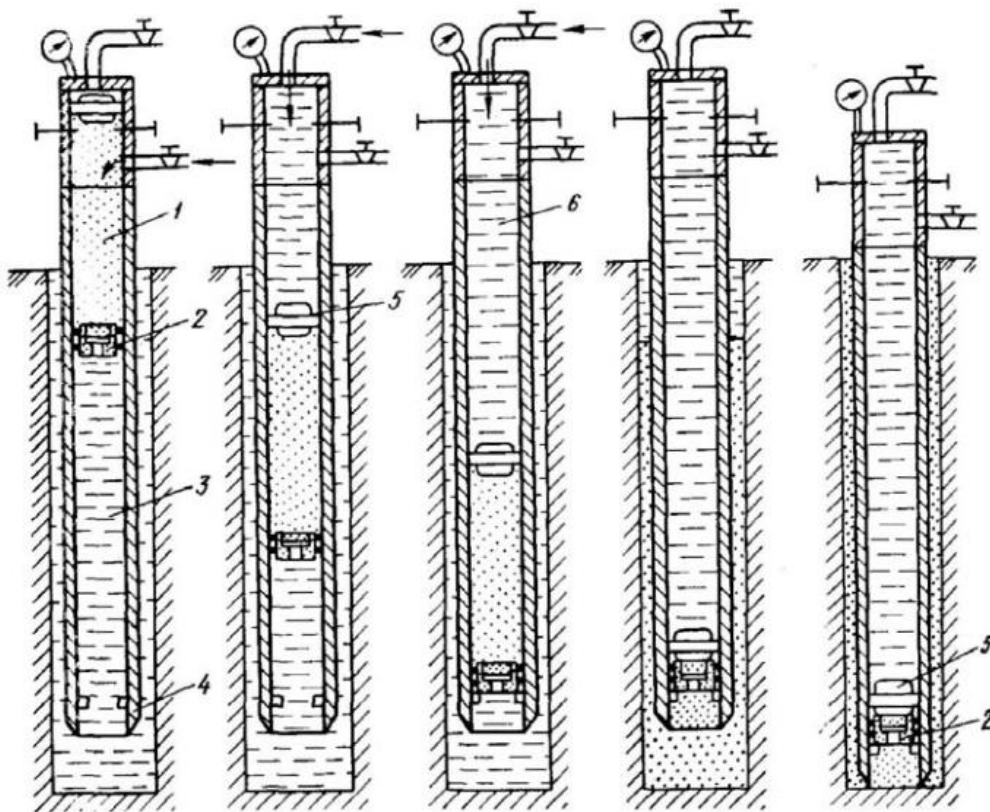


Рис. 3. Схема цементування з двома розділювальними пробками [8]. (1 – цементний розчин, 2 – нижня пробка, 3 – промивальна рідина, 4 - башмак обсадної колони, 5 – верхня пробка, 6 – продавлювальна рідина)

Щоб уникнути фонтанування свердловини при проходженні високонапірних горизонтів її устя герметизують спеціальним пристосуванням - превентором, а у нижній частині бурових труб над колонковим набором встановлюють зворотній клапан, що запобігає викиданню води через бурову колону.

Одною із найбільш поширених технологій цементування є *схема*

**цементування з двома розділювальними пробками** (Рис. 3). Перед початком цементування свердловину проробляють спеціальним долотом або зубчатою коронкою, діаметр якої більший за діаметр труб обсадної колони, яка буде встановлюватись. Потім у підготовлену свердловину опускають колону обсадних труб. Після цього промивають затрубний простір, спускають у трубу нижню пробку, загвинчують заливальну головку, нагнітають у трубу розраховану кількість цементного розчину, відгвинчують заливальну головку, спускають у труби верхню пробку, знову нагвинчують заливальну головку й прокачують розраховану кількість промивального розчину, необхідного для продавлювання нижньої пробки й витискання цементного розчину в затрубний простір. Далі свердловину залишають у спокої на період до 24 годин до затвердіння цементного розчину всередині колони, після чого у ній утворюється цементний стакан. Цей час називають очікуванням затвердіння цементного розчину.

Основні параметри цементування, які необхідні для використання схеми з двома розділювальними пробками розраховують за наступною методикою.

- 1) Визначають висоту цементної пробки в колоні –  $h$  (м) та потрібну кількість цементного розчину –  $V_{ц.р}$  (м<sup>3</sup>):

$$h = \frac{D_3^2 - D_2^2}{D_1^2} * H_1; \quad V_{ц.р} = 0,785 * [(D_3^2 - D_2^2) * H_1 * K_1 + D_1^2 * h];$$

де  $D_2$  – зовнішній діаметр основної колони (м);  $D_3$  – діаметр долота для буріння під основну колону (м);  $H_1$  – висота підйому цементного розчину по затрубному простору (м);  $K_1$  – коефіцієнт збільшення об'єму цементного розчину при заповненні каверн та розширень (його приймають рівним 1,1 - 1,3);  $D_1$  – внутрішній діаметр основної колони (м);  $h$  – висота цементної пробки в колоні (м).

- 2) Густина цементного розчину –  $\rho_{ц.р}$  (т/м<sup>3</sup>):

$$\rho_{ц.р} = \frac{\rho_ц * \rho_в * (1 + m)}{\rho_в + m * \rho_ц}$$

де  $\rho_ц$  – густина цементу (т/м<sup>3</sup>);  $\rho_в$  – густина води (т/м<sup>3</sup>);  $m$  – водоцементний фактор (приймаємо рівним 0,5).

- 3) Кількість сухого цементу –  $q$  (т):

$$q = \frac{\rho_ц * \rho_в}{\rho_в + m * \rho_ц}$$

- 4) Загальна кількість сухого цементу для цементування –  $Q_ц$  (т):

$$Q_ц = q * V_{ц.р} * \beta;$$

де  $\beta$  – коефіцієнт на витрати цементу при творенні (беруть рівним 1,1 – 1,15).

5) Кількість води, необхідної для приготування цементного розчину –  $V_B$  (м<sup>3</sup>):

$$V_B = Q_{ц} * m$$

6) Кількість рідини для продавлювання цементного розчину –  $V_{п.р.}$  (м<sup>3</sup>):

$$V_{п.р.} = 0,785 * [D_1^2 * (H_1 - h)] * k$$

де  $k$  – коефіцієнт, який враховує стиснення рідини (для води  $k = 1$ , для глинистого розчину  $k = 1,05$ )

7) Тиск на головці колони в момент сходження двох цементуючих пробок –  $p$  (кПа):

$$p = p_1 + p_2$$

де  $p_1$  – тиск на подолання різниці питомих ваг рідини в трубах і в затрубному просторі (кПа);  $p_2$  – гідростатичний опір наприкінці промивання свердловини (кПа).

$$p_1 = (H_1 - h) * (\rho_{п.р.} - \rho_p) / 10$$

$$p_2 = 0,01 * L + 8$$

де  $L$  – глибина свердловини (м).

### ***Питання для самостійної підготовки***

1. Для яких основних цілей застосовується цементування свердловин?
2. Що таке затрубний простір свердловини?
3. Яка технологія цементування свердловин за допомогою двох розділювальних пробок?
4. Які основні параметри застосовуються при обрахунку цементування свердловини?



## 5. Вибір фільтру

Основною функцією фільтра водозабірної свердловини є пропускання води в свердловину та захист її стінок від руйнування. Такий фільтр складається з обсадної труби, надфільтрової частини, сальника, всмоктуючої труби насоса, робочої частини фільтру, відстійника [13].

Робоча частина фільтру призначена для пропускання чистої води з водоносного горизонту. У відстійнику осаджуються залишені у фільтрі частинки породи. Надфільтрова труба забезпечує герметичне перекриття кільцевого зазору між фільтром та колоною обсадних труб [5].

Фільтрувальна частина має забезпечити пропускання необхідної кількості води, мати якомога більший термін служби та не повинна пропускати глинисті, піщані та інші частинки. Робоча частина фільтру складається із каркасу та фільтрувального покриття. Каркаси поділяються на сталеві, пластмасові, керамічні. Конструкція фільтру характеризується коефіцієнтом шпаруватості, що є відношенням загальної площі отворів у каркасі фільтру до поверхні його робочої частини.

Робоча частина *сітчастого фільтру* складається із каркаса, дротяної обмотки та сітки. Фільтрові сітки за типом матеріалу поділяються на латунні, із нержавіючої сталі, пластмасові та зі скловолокна.

Розмір сітки фільтру необхідно вибрати відповідно до складу водоносної породи таким чином, щоб через сітку проходило від 40 до 95% дрібних фракцій порід водоносного горизонту. Фільтри такого типу застосовують у середніх та дрібнозернистих пісках.

*Фільтри з дротяною обмоткою* мають будову сталевого перфорованого каркаса, на який по спіралі навивається дріт із нержавіючої сталі.

*Каркасно-стержневі фільтри* складаються з дротяних стержнів, що приварені до двох кілець-насадок, на стержневий каркас фільтру намотується дріт. Застосовуються для крупнозернистих пісків, а для дрібнозернистих на каркас одягають чохол, який заповнюється гравієм. Основною перевагою таких фільтрів є висока шпаруватість, що важливо при експлуатації водоносних горизонтів з нестійким хімічним складом.

*Гравійно-кожухові фільтри* мають будову перфорованого каркаса, що обмотаний спіраллю з нержавіючого дроту. Фільтр збирається з окремих секцій - ланок, що з'єднані між собою муфтами. Застосовуються при наявності дрібних і тонкозернистих пісків.

*Фільтри з обсыпкою гравієм у свердловині* встановлюються за наступною технологією. Спершу водоносний горизонт перекривають колоною обсадних труб і у свердловину спускають фільтрову колону з сітчастим, або безсітчастим фільтром діаметром на 100 мм меншим за діаметр обсадних труб. Потім у кільцевий зазор порціями засипають відсортований гравій і одночасно підіймають колону обсадних труб.

У певних випадках застосовуються *безфільтрові* водозабірні свердловини. Як правило, вони споруджуються у тонких і дрібнозернистих

пісках, якщо над водоносним горизонтом залягає потужна й міцна водотривка покрівля (наприклад пісковики або сланці) яка не має схильності до розмивання. Водоносний горизонт для цього має бути напірним. Безфільтрові свердловини досить довговічні та мають характер лійки із великою водозабірною поверхнею, що значно збільшує їх дебіт [12].

В залежності від літологічного складу порід, що представляють водоносний горизонт та конструкції свердловини обирають найбільш оптимальний тип фільтру та записують його основні параметри:

- Зовнішній діаметр, мм.
- Внутрішній діаметр, мм.
- Маса секції, кг.
- Повна маса фільтра, кг.

### ***Питання для самостійної підготовки***

1. Які основні функції фільтрів?
2. Які існують типи фільтрів?
3. Які головні параметри необхідно враховувати при виборі фільтру для свердловини, що буриться на воду?
4. У яких випадках встановлення фільтру у водозабірній свердловині є необов'язковим?

## 6. Вибір типу і марки водопідйомного обладнання

Для обрахунку конструкції водозабірної свердловини важливим етапом робіт є вибір типу і марки водопідйомного обладнання, адже його технічні характеристики будуть визначати мінімальний діаметр основної колони і, як наслідок, діаметр кінцевого буріння.

При проходці свердловин часто перетинаються верхні водоносні горизонти, що обводнюють ці гірничорозвідувальні виробки. Можливий також приплив води також за рахунок фільтрації з поверхневих водоймищ, водоприпливів зі старих підземних затоплених виробок. У виробки вода може потрапляти також унаслідок стоку атмосферних опадів. Рівень водоприпливу у гірничі виробки залежить від ступеня обводненості гірських порід, пори року та багатьох інших факторів [9].

Для водовідводу наявної води у свердловинах використовують відповідні пристрої, що призначені для видалення води з виробок на поверхню. Найчастіше використовують поршневі, гвинтові, відцентрові насоси. Всмоктування у них відбувається за рахунок різниці атмосферного та всмоктувального тиску камери насоса.

*Насоси* – це механізми, за допомогою яких відбувається механічне переміщення рідин та газів. За конструкцією та принципом дії насоси поділяються на три групи:

- поршневі і гвинтові (включаючи ротаційні);
- відцентрові і пропелерні (включаючи вихрові);
- безприводні (аероліфти, пневматичні насоси, струменеві).

Для відкачування води з водозабірних свердловин можуть застосовуватись глибинні артезіанські насоси з заглибленими електродвигунами, глибинні артезіанські насоси з електродвигунами на поверхні, ерліфти (аероліфти), водоструменеві насоси, звичайні відцентрові та штангові насоси. Найбільш поширеним типом насосів для експлуатаційної відкачки води зі свердловини є занурені насоси (відцентрові, шнекові, вихрові). Стаціонарний водовідвід зі свердловини здійснюється саме відцентровими насосами [13].

Для вибору водопідйомного обладнання, яке буде використовуватись при експлуатації водозабірної свердловини спершу розраховують динамічний рівень води в свердловині за наступною формулою [15]:

$$h = h_0 + Q/Q_{\text{пит}} + a,$$

де  $a$  – рівень виливу води над устям свердловини (1-3м.);  $h_0$  – статичний (п'єзометричний) рівень води експлуатаційного горизонту;  $Q$  – проектний дебіт;  
 $Q_{\text{пит}}$  – питомий дебіт.

За величиною динамічного рівня води в свердловині та її проектного дебіту обирається марка і тип водопідйомного обладнання.

Основні технічні характеристики водопідйомного обладнання

записуються за наступною послідовністю (для прикладу взятий насос ЕЦВ):

Марка насоса - ЕЦВ- 8-25-100

Подача води - 25 (м<sup>3</sup> /год.)

Тиск-1,0 (МПа)

Тип електричного двигуна - АДП 180-11/2

Потужність - 11 (кВт)

Частота обертання - 47,7 (с<sup>-1</sup>)

Напруга - 380 (В)

Маса електричного насоса - 150 (кг)

Це електричний відцентровий водопідйомник, що має зовнішній діаметр 8 дюймів (або 250 мм.), може використовуватися для свердловин з проектним дебітом до 25 м<sup>3</sup> /год. та динамічним рівнем води до 100 м.

### ***Питання для самостійної підготовки***

1. Які типи водопідйомного обладнання ви знаєте?
2. Як обраховується динамічний рівень води в свердловині?
3. Яким чином визначається тип та габарити водопідйомного обладнання?
4. На які типи поділяються насоси за принципом дії та конструкцією?

## 7. Розрахунок ерліфту

Ерліфт – це пристрій для підйому води який застосовує енергію стиснутого повітря та використовуються для очищення свердловин. Він складається з двох типів труб (водопідйомних і повітропровідних) а також змішувача і компресора. Повітря, потрапляючи в змішувач, утворює повітряно-водяну суміш (емульсію), питома вага якої залежить від кількості повітря, яке поступило. Чим більшою буде висота підйому, тим менше повинна бути питома вага суміші. Інакше кажучи, зі збільшенням висоти підйому збільшується загальна витрата повітря.

Відповідно до фізичного закону про різниці питомих мас (в даному випадку вода в свердловині і емульсія в трубі) повітряна емульсія на порядок легше природної густини води, тому вона піднімається вгору [15].

Перед обладнанням насоса зануреного типу у свердловині повинна бути проведена відкачка води ерліфтом до повного освітлення води, оскільки наявність навіть незначної кількості піску у воді, що буде використовуватись, є неприпустимою.

Розрахунок ерліфту відбувається за формулами (Таблиця 2).

**Таблиця 2. Розрахунок ерліфту [13].**

№	Елементи розрахунку	Одиниці вимірювання	Формули і позначення	Результат
1	Глибина свердловини	м	$L_c$	
2	Глибина статичного рівня	м	$h_o$	
3	Глибина динамічного рівня	м	$h$	
4	Висота рівня виливу над поверхнею землі	м	$a$	
5	Глибина занурення форсунки від рівня виливу	м	$H = Kh$	
6	Витрата води	$м^3/год$ та $м^3/с$	$q$ та $Q$	
7	Коефіцієнт занурення	-	$C$	
8	Питома витрата повітря на $1 м^3$ при паралельному розташуванні ерліфту	$м^3$ повітря / $м^3$ води	$v_o = \frac{h}{c * \lg \frac{h * (k - 1) + 10}{10}}$	
9	Повна витрата повітря	$м^3/хв$	$W = \frac{Q * v_o}{60}$	
10	Пусковий тиск повітря	Па	$p_o = 0,1(k * h - h_o + 2)$	
11	Робочий тиск	Па	$p = 0,1[h * (k - 1) + 5]$	

12	Витрата емульсії вище форсунки	м <sup>3</sup> /с	$q_1 = Q_1 + \frac{W}{(p-1)*60}$	
13	Витрата емульсії при виливі	м <sup>3</sup> /с	$q_2 = Q_1 + \frac{W}{60}$	
14	Площа перерізу водопідйомної труби біля форсунки	м <sup>2</sup>	$\omega_1 = \frac{q_1}{v_1}$	
15	Площа перерізу водопідйомної труби при виливі	м <sup>2</sup>	$\omega_2 = \frac{q_2}{v_2}$	
16	Внутрішній діаметр труби при паралельному розміщенні труб	мм	$d = \sqrt{\frac{4\omega_1}{\pi}}$	
17	Внутрішній діаметр труби при центральному розташуванні труб	мм	$d = \sqrt{\frac{4\alpha_2 + \pi d_1^2}{\pi}}$	
18	Діаметр повітряних труб в свердловині	мм	$d_1$	
19	Внутрішній діаметр обсадних труб	мм	$D_1$	
20	Розташування повітряних труб		паралельне	
21	Продуктивність компресора	м <sup>3</sup> /хв	$W_k = 1,1 - 1,2W$	
22	Робочий тиск компресора	Па	$p_k = p + \sum p$	
23	Розрахункова потужність на валу компресора	кВт	$N_k = N_o * p_k * W_k$	
24	Дійсна потужність на валу компресора	кВт	$N_D = 1,25N_k$	
25	Коефіцієнт корисної дії установки	%	$\eta = 1000 \frac{Q_1 h}{1,3 * N_D * 75}$	

### ***Питання для самостійної підготовки***

1. Що таке ерліфт та для чого він застосовується?
2. За принципом якого фізичного закону відбувається рух повітряної емульсії?
3. Які основні параметри застосовуються при обрахунку ерліфту?

## 8. Викривлення свердловин та ліквідація аварій.

Однією з головних вимог, які ставляться при бурінні свердловини, є її проходження відповідно до проектного профілю. Однак, більшість з них все ж відхиляються від заданого напрямку через ряд причин. Це може сильно спотворити отримані геологічні дані, призвести до неправильних обрахунків та перешкодити якісному картуванню геологічних структур.

*Викривленням свердловини* називається відхилення її осі (стовбура) від проектного напрямку. Кривизна свердловини значно ускладнює технологію проходження свердловини, прискорює зношування бурового інструменту та може призводити до аварій [4].

**Основні причини викривлення свердловини.** Розрізняють геологічні, технічні та технологічні причини викривлення свердловин [7].

Причини *геологічного* характеру загалом пов'язані із неоднорідністю середовища та певними перешкодами при бурінні: валунами, твердими включеннями, тріщинами й порожнинами. Також до значного викривлення може призвести перетин свердловини під гострим кутом сланцевих і тонкошаруватих порід, коли окремі прошарки породи мають різну твердість (наприклад джеспіліти чи кварц-хлоритові сланці).

Коли породоруйнівний інструмент при бурінні переходить з м'якого шару до твердого – трапляється відхилення свердловини в бік твердого шару, і навпаки, при виході бурового інструменту з твердого шару в м'який спостерігається зворотне явище, але меншою мірою. При перетині шаруватих порід різної твердості свердловина поступово викривляється, внаслідок чого її вісь стає направленою паралельно до напластування шаруватих порід [4].

Причини *технічного* характеру створюють вплив на викривлення свердловини як при забурюванні, так і під час буріння. Передбачити напрям викривлення за технічними причинами майже неможливо. Таким причинами можуть бути: неправильна установка бурового станка та напрямної труби; буріння породоруйнівними інструментами, що мають різну товщину стінок; використання бурильних труб малого діаметра в свердловині великого діаметра; буріння викривленими бурильними й колонковими трубами; перехід на менший діаметр у свердловині, що не була попередньо закріплена трубами; нестійкість прямолінійної форми бурильної труби, що обертається [13].

Причини *технологічного* характеру пов'язані зі способами й параметрами режиму буріння. До них належать: надмірний тиск на вибій, застосування занадто інтенсивного промивання в м'яких породах тощо. Такі помилки можуть призвести до нерівномірного розбурювання вибою та утворенню каверн у стінках свердловини. В результаті можлива поява значних зазорів між буровим снарядом та стінками свердловини, що у свою чергу спричинить збільшення сил, які відхиляють його від осі свердловини.

Вимірювання кривизни свердловини (або інклінометрія) є обов'язковим при бурінні всіх направлених і вертикальних свердловин, які

за своїм призначенням є розвідувальними, опорними, структурними або експлуатаційними. Викривлення оцінюється за його інтенсивністю, що вимірюється в градусах на погонні метри свердловини [1].

Вимірювання викривлення свердловини найчастіше виконується каротажними станціями, які працюють у свердловині після завершення буріння. Найбільш розповсюджений прилад для вимірювання викривлення свердловини – інклінометр. Він призначений для вимірювання кута нахилу та азимуту необсаджених трубами свердловин. В обсаджених свердловинах можна вимірювати лише кут викривлення. Результати вимірів відображаються у вигляді проєкцій стовбура свердловини на горизонтальну площину в масштабі і називаються *інклінограмами*.

Для запобігання викривленню свердловин використовують ряд заходів, що спрямовані на стабілізацію процесу буріння та дотримуються раціонального технологічного режиму буріння. Також слід завжди планувати свердловину навхрест ведучої сланцюватості або тріщинуватості, перпендикулярно до падіння порід [14]. Попередження технологічних причин викривлення свердловин значною мірою залежить від кваліфікації бурової бригади.

Іноді викривлення стає настільки значним, що буріння свердловини припиняють. Одним із дієвих способів щоб випрямити напрям буріння свердловини є цементування викривленої ділянки з наступним перебудуванням пройденого інтервалу.

*Аваріями* в процесі буріння називають такий стан свердловини, при якому її поглиблення припиняється через непередбачені порушення нормального ходу виробничого процесу.

Аварії трапляються головним чином через недотримання режиму буріння, несприятливі гірничо-геологічні умови, несправності бурового інструменту, недостатню кваліфікацію чи халатність членів бурової бригади [2].

За характером виникнення аварії бувають наступних типів:

- прихват бурильної колони;
- залишення в свердловині колони бурильних труб або її частин;
- зім'яття і протирання обсаджених труб;
- роз'єднання обсаджених труб;
- припикання або залишення в свердловині породоруйнівного інструменту;
- обриви і залишення інструменту при каротажних роботах;
- падіння сторонніх предметів у свердловину.

При виникненні аварії спершу проводиться ретельне встановлення причини її виникнення та підбираються заходи щодо її усунення. Для ліквідації аварій використовують аварійний буровий інструмент, до якого належать: ловильний (мітчики, дзвони, овершоти, тощо), різальний та силовий інструмент (вибивна баба, вибійний вібратор).

При обривах бурових труб піднімають верхню обірвану частину



колони і по нижньому торцю труби встановлюють характер обриву. Після цього застосовують відповідний ловильний інструмент. При прихвачуванні бурильних труб спершу інструмент розходжують а потім поновлюють циркуляцію промивальної рідини. Якщо з'являється пробка, яку не можна продавити тиском насоса можливий варіант із застосуванням гідравліки та лебідки станка або вібраторів різних конструкцій.

Аварії та їх ліквідація віднімають близько 10% часу, який витрачається на буріння свердловини, тому цей час обов'язково враховується при плануванні бурових робіт.

### ***Питання для самостійної підготовки***

1. Які основні причини викривлення свердловин?
2. Які запобіжні заходи дозволяють уникнути викривлення свердловини під час буріння?
3. Чи може викривлення свердловини стати причиною повної зупинки буріння?
4. Назвіть основні прилади, які дозволяють виміряти викривлення свердловин.

## 9. Розрахунок часу на буріння

Процес буріння свердловин пов'язаний із великими затратами праці та засобів виробництва. До початку бурових робіт створюється матеріально-технічна основа, за необхідності будуються під'їзні шляхи, забезпечуються відповідні умови для перебування бригад робітників на об'єкті, завозяться місткості для паливо-мастильних матеріалів, вирішується питання забезпечення водою, тощо. Далі проводиться етап основних робіт, який передбачає безпосереднє буріння та поглиблення свердловини.

Демонтаж всього обладнання виконується після завершення основних робіт, пов'язаних із бурінням. Якщо воно не потребує профілактичного ремонту, то може одразу бути перевезене на іншу ділянку для буріння нової свердловини.

Головним завданням організації виробництва бурових робіт є забезпечення виконання плану за всіма техніко-економічними показниками. Розрахунок часу на буріння виконують в станкозмінах за чинними нормами часу почергово враховуючи 12 етапів буріння свердловини [10, 11]. Результати обрахунків заносять у Таблицю 3.

**Таблиця 3. Розрахунок часу на буріння.**

№	Етапи бурових робіт	ст/зм
1	Проектування та створення геолого-технічного наряду	
2	Переїзд на точку буріння Монтаж і демонтаж установки Підготовка всіх матеріалів	
3	Буріння під кондуктор	
4	Опускання кондуктора	
5	Буріння до водоносного горизонту	
6	Опускання експлуатаційної колони	
7	Цементування свердловини	
8	Буріння до проектної глибини	
9	Встановлення фільтру	
10	Промивання свердловини	
11	Обладнання свердловини Здача в експлуатацію	
12	Можливі аварії	

## 10. Техніка безпеки при бурінні

Техніка безпеки в геологічних організаціях має велике значення внаслідок специфіки проведення бурових робіт. У польових умовах до робітників ставляться високі вимоги, оскільки, окрім знання безпечного ведення робіт, вони повинні володіти методами орієнтування на місцевості, способами безпечного будування під'їзних доріг, поводження із вогнем, зварювальним інструментом, тощо. Це вимагає систематичного й цілеспрямованого впровадження заходів охорони праці.

*Охорона праці* – це система законодавчих актів та відповідних соціально-економічних, санітарно-гігієнічних, технічних та організаційних заходів, що зумовлюють безпеку, збереження здоров'я та працездатності людини в процесі праці [13].

*Техніка безпеки* – це система організаційно-технічних заходів і засобів, що запобігають дії небезпечних виробничих факторів на робітників.

Основними завданнями техніки безпеки та виробничої санітарії є: використання нової та досконалішої техніки та механізація допоміжного виробництва, що зводить до мінімуму перебування людини в небезпечній зоні; впровадження засобів колективного та індивідуального захисту; вдосконалення діючих заходів організації робіт; впровадження стандартів з безпеки праці та вдосконалення форм та методів контролю правил техніки безпеки і виробничої санітарії; зміцнення трудової дисципліни.

При організації бурових робіт необхідно забезпечувати захист робітників не тільки від традиційних виробничих небезпек (підняті вантажі, рухомі елементи машин, гірські умови, транспорт), а й від інших шкідливих факторів, що негативно впливають на здоров'я людини, таких як іонізуючі та електромагнітні випромінювання, тощо. Буровий майстер та його помічники повинні вміти надавати першу медичну допомогу і добре знати правила безпечної експлуатації наявного електричного та механічного обладнання [2]. Тому перед початком роботи робітники зобов'язані пройти вступний інструктаж на робочому місці та успішно скласти іспит з техніки безпеки.

**Основні правила техніки безпеки на бурових роботах.** При бурінні *легкими пересувними установками* не допускається пересування установки між пунктами з піднятою щоглою. Також не допускається перевантаження щогл і лебідок вище від їхніх технічних характеристик. Категорично забороняється працювати лебідками, що мають несправні гальма. При механічному й повільно-обертальному бурінні працівникам забороняється торкатися рухомих деталей або інструменту до повної їх зупинки, переміщувати бурильні труби в шпинделі, а також згвинчувати й розгвинчувати їх під час обертання на великій швидкості.

При *ударно-канатному бурінні* переміщення станків з піднятою щоглою допускається лише на рівній місцевості. При цьому підвішені снаряд і желонка мають бути міцно прикріплені до щогли. При такому виді буріння забороняється направляти буровий снаряд і желонку під час спуску

в свердловину, а також утримувати від розгойдування й відтягувати їх убік руками (для цього варто використовувати спеціальні гаки або канати). Не дозволяється залишати без потреби відкритими устя свердловини та стояти в радіусі обертання ключа й у напрямі натягнутого каната під час загвинчування і розгвинчування бурового снаряда.

При *шнековому бурінні* не допускається утримання обертового механізму в підвішеному стані за допомогою підйомної лебідки. Заборонено також бурити шнеками, що мають тріщини й надриви на трубі або спіралі шнека; використовувати шнеки з пошкодженими та зношеними елементами; з'єднувати шнеки між собою сторонніми предметами; очищати шнеки від породи в процесі їх обертання; з'єднувати й роз'єднувати частини бурового інструменту в підвішеному стані; відштовхувати шнеки від устя свердловини руками (для цього варто використовувати спеціальні гаки).

Робочий майданчик біля бурового станка слід утримувати в чистоті, систематично очищати від породи, що виймається зі свердловини, а в зимовий період – від льоду та снігу, посипати дороги піском. Над робочим місцем бурового майстра необхідно встановлювати захисний козирок.

В залежності від обраного способу буріння коротко обирають відповідні заходи охорони праці.

#### ***Питання для самостійної підготовки***

1. Що таке охорона праці та виробнича санітарія?
2. Яка техніка безпеки при бурінні легкими пересувними установками?
3. Які базові правила техніки безпеки при ударно-канатному бурінні?
4. Яка техніка безпеки при шнековому бурінні?

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Aadnøy, B. S., & Cooper, I. (2010). Modern well design (2nd ed.). CRC Press.
2. Australian Drilling Industry Training Committee. (2008). The drilling manual (4th ed.). Ausdrill Limited.
3. Azar, J. J., & Samuel, G. R. (2007). Drilling engineering. PennWell Books.
4. Azar, J. J., & Samuel, G. R. (2009). Advanced drilling engineering: Principles and design. Gulf Professional Publishing.
5. Delleur, J. W. (Ed.). (1999). Handbook of groundwater engineering. CRC Press.
6. Guo, B., Lyons, W. C., & Ghalambor, A. (2017). Petroleum production engineering. Elsevier.
7. Білецький В.С. та ін. (2004). Мала гірнича енциклопедія: у 3 т.– Д.: Донбас., - Т. 1: А - К. - 640 с.
8. Вирвінський П.П., Кузін Ю.Л., Хоменко В.Л. (2010). Геологорозвідувальна справа і техніка безпеки. Навчальний посібник. – Д.: Національний гірничий університет., - 368 с.
9. Возний В.Р., Яремчик Р.С. (2006). Основи гірничого виробництва. Київ; Кондор, - 376 с.
10. Збірник укрупнених кошторисних норм на геологорозвідувальні роботи (ЗУКН). Розділ 12. Гірничорозвідувальні роботи. (2003). – К.:УкрДГПІ.,- 192 с.
11. Збірник укрупнених кошторисних норм на геологорозвідувальні роботи (ЗУКН). Розділ 13. Буріння геологорозвідувальних свердловин. (1999). - К.: Держкомгеології, - 342 с.
12. Костюченко М.М., Шабатин В.С. (2005). Гідрогеологія та інженерна геологія. –К.: ВПЦ «Київський університет», - 160 с.
13. Ларін К.Л., Виноградов Г.Ф., Шабатин В.С., та інші. (1996). Геологорозвідувальна справа. – К.: Либідь. 335 с.
14. Михайлов В.А., Омельчук О.В., Загнітко В.М., Курило М.М. (2023). Пошуки та розвідка родовищ корисних копалин: Підручник: К.: ВПЦ «Київський університет», - 207 с.
15. Омельчук О.В. (2017). Буріння розвідувально-експлуатаційної свердловини на воду: Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни «Технологія буріння» для студентів III курсу ННІ «Інститут геології» за спеціалізаціями «Геологія, пошуки і оцінка родовищ корисних копалин» та «Геологія нафти і газу». - К., Київський національний університет імені Тараса Шевченка, ННІ «Інститут геології».- 29 с.
16. Судаков А.К. та ін. (2020). Буріння свердловин на воду: Монографія - Дрогобич : Посвіт., - 332 с.

## ДОДАТКИ

Варіант 1

Варіант завдання на практичну роботу з буріння розвідувально-експлуатаційної свердловини на воду

### 1. Геологічний розріз:

№ шару	Назва гірських порід	Потужність, м			Характеристика порід
		від	до	всього	
1	Наноси	0	2	2	
2	Сланці глинисті	2	40	38	
3	Піски з прошарками глин	40	70	30	в інтервалі 50-60 м піски слабоводонасні
4	Глини щільні	70	80	10	
5	Вапняки доломітизовані	80	110	30	
6	Сланці глинисті	110	130	20	
7	Піски дрібно-середньозернисті з прошарками глин	130	150	20	водонасні
8	Глини щільні	150	160	10	

2. Глибина свердловини — 160 м
3. Статичний (п'єзометричний) рівень води експлуатаційного горизонту — 10 м
4. Динамічний рівень — *визначити*
5. Проектний дебіт свердловини — 40 м<sup>3</sup>/год
6. Питомий дебіт свердловини — 1,0  $\frac{\text{м}^3/\text{ГОД}}{\text{м}}$

Варіант завдання на практичну роботу з буріння розвідувально-експлуатаційної свердловини на воду

1. Геологічний розріз:

№ шару	Назва гірських порід	Потужність, м			Характеристика порід
		від	до	всього	
1	Грунтовий шар, піски рихлі	0	7	7	
2	Глини пластичні	7	30	23	середньої щільності
3	Піски	30	35	5	водоносні пливуні
4	Глини щільні	35	70	35	
5	Аргіліти	70	220	150	
6	Піски різнозернисті	220	250	30	водоносні
7	Сланці глинисті	250	260	10	

2. Глибина свердловини — 260 м
3. Статичний (п'єзометричний) рівень води експлуатаційного горизонту — 20 м
4. Динамічний рівень — *визначити*
5. Проектний дебіт свердловини — 20 м<sup>3</sup>/год
6. Питомий дебіт свердловини — 0,2  $\frac{\text{м}^3/\text{ГОД}}{\text{М}}$

Варіант завдання на практичну роботу з буріння розвідувально-експлуатаційної свердловини на воду

1. Геологічний розріз:

№ шару	Назва гірських порід	Потужність, м			Характеристика порід
		від	до	всього	
1	Рослинний шар, супіски	1	10	10	
2	Піски дрібнозернисті	10	25	15	пливуни
3	Суглинки	25	50	25	
4	Глини з прошарками вапняків	50	70	20	
5	Вапняки тріщинуваті	70	90	20	з мінералізованою водою
6	Пісковики глинисті	90	110	20	
7	Глини з прошарками доломіту	110	190	80	
8	Доломіти	190	225	35	тріщинуваті, водоносні
9	Глини щільні	225	235	10	

2. Глибина свердловини — 235 м
3. Статичний (п'єзометричний) рівень води експлуатаційного горизонту — 20 м
4. Динамічний рівень — визначити
5. Проектний дебіт свердловини — 50 м<sup>3</sup>/год
6. Питомий дебіт свердловини — 0,5  $\frac{\text{м}^3/\text{ГОД}}{\text{м}}$