

8. ТЕХНОЛОГІЯ БУРІННЯ

Навчальні цілі: у результаті вивчення розділу студент повинен знати особливості технології при різних видах буріння; методику вибору параметрів режиму буріння; уміти визначити раціональні параметри режиму буріння для певного виду буріння і конкретних геолого-технічних умов.

8.1. Загальні відомості

Буріння розвідувальної свердловини організаційно складається з таких основних заходів: 1) підготовка робочої площадки, під'їзної колії до неї і комунікацій; 2) доставка і монтаж бурової установки; 3) власне буріння, тобто поглиблення свердловини; 4) спуск і підйом бурового снаряда для витягання керна і зміни породоруйнівного інструменту; 5) кріплення стінок свердловини обсадними трубами, тампонаж; 6) вимір скривлення і каротаж; 7) гідрогеологічні спостереження й випробування окремих горизонтів; 8) витягання обсадних труб і ліквідація свердловини; 9) демонтаж бурової установки; 10) перевезення бурової установки на нову точку; 11) відновлення порушених буровими роботами природних умов на робочому майданчику, під'їзній колії і розбирання комунікацій.

Крім колонкового, використовують й інші різновиди буріння.

При розвідці гарно вивчених у геологічному відношенні районах немає потреби відбирати керн у вмісних породах і тому широко застосовується безкерна буріння лопатевими долотами й пікобурами в м'яких породах, шарошковими долотами в породах середньої твердості та твердих, алмазними долотами у твердих породах. Висока міцність і зносостійкість інструменту для буріння суцільним вибоєм забезпечує велику проходку за рейс на сотні метрів, за рахунок чого різко підвищується продуктивність і знижується вартість бурових робіт.

При бурінні сейсмозвідувальних і технічних свердловин широко застосовується шнекове буріння.

Для підвищення механічної і рейсової швидкості буріння розповсюджене використання гідро- і пневмоударників, а також буріння з гідротранспортом керна.

Технологічні параметри режиму буріння – це ті фактори процесу буріння, що можуть у який-небудь момент бути довільно змінені для одержання оптимального їхнього поєднання, що забезпечує максимальну продуктивність. При механічному обертальному бурінні з промиванням (або продувкою) до них належать осьове навантаження на породоруйнівний інструмент, частота обертання снаряда й об'ємна витрата очисного агента. До параметрів буріння відносять також якість очисного агента, хоча цей фактор не може бути змінений одразу.

Головне завдання при бурінні – домогтися оптимального поєднання параметрів, що забезпечує можливо більш високі в даних конкретних геолого-технічних умовах техніко-економічні показники при високій якості проведення свердловин.

8.2. Забурювання свердловин

Снаряд для забурювання свердловин складається з породоруйнівного інструменту, короткої (0,5–1,0 м) колонкової труби і перехідника для з'єднання з бурильними трубами.

Як породоруйнівний інструмент при забурюванні в м'яких породах може бути використана ребриста коронка. У породах середньої твердості забурювання виконують твердосплавною коронкою, у породах міцних, монолітних – алмазною коронкою, а в тріщинуватих породах високої твердості рекомендується застосовувати шарошкове долото.

Забурювання варто проводити з мінімальною частотою обертання снаряда при обмежених осьовому навантаженні і витраті промивальної рідини. Поглибивши свердловину на 3–4 м, у ній установлюють напрямну колону.

Якщо верхня частина розрізу складена нестійкими м'якими породами, потужність яких не перевищує 5–8 м, свердловину забурюють до щільних корінних порід і, поглибивши в них на 0,5–1,0 м, обсаджують напрямною колоною.

Нижній кінець направлення необхідно затампонувати, для чого на вибій свердловини закладають 1,5–2,0 відра густого цементного розчину або жирної глини, розмішаної з водою до тістоподібного стану. У нижню частину труби забивається дерев'яний чіп, який при установці колони видавлює тампонажний матеріал в затрубний простір; чіп після цього розбурюється. Верхній кінець направлення закріплюється в усті свердловини щебенем чи глиною.

При великій потужності м'яких порід і проектній глибині свердловини, що перевищує 200–250 м, направлення встановлюють на глибину 3–4,5 м. Іншу товщу м'яких порід бурять із промиванням глинистим розчином і перекривають кондуктором. Затрубний простір кондуктора зазвичай цементують на всю висоту колони.

Якщо верхній інтервал геологічного розрізу складений валунно-гальковими відкладами, то направлення встановлюється в шурфі, пройденому на глибину 1,5–2,0 м, і закріплюється в ньому бетоном.

Якщо верхня частина розрізу складена м'якими чи уламковими незцементованими породами великої потужності, рекомендується забурювання провести ударно-механічним способом і після установки колони обсадних труб до корінних порід продовжувати буріння свердловини колонковим способом.

8.3. Технологія твердосплавного буріння

Продуктивність твердосплавного колонкового буріння, як і інших способів, визначається технічними, технологічними, геологічними й організаційними факторами. Технологічні фактори – найбільш істотні, крім того, їх можна змінювати в процесі рейсу, у той час як інші фактори не регулюються у ході буріння. Рациональне поєднання і зміна параметрів режиму роботи породоруйнівного інструменту – один з основних факторів керування процесом буріння. При розробці технології буріння для кожного інтервалу геологічного розрізу проектується параметри режиму буріння: осьове навантаження на породоруйнівний інструмент; частота обертання бурового снаряда; витрата очисного агента і його якість.

Найефективнішим руйнуванням гірських порід при бурінні є об'ємне, тому навантаження на різець повинно бути не менше опору породи на вдавлення.

Отже, чим твердіша гірська порода, тим більше повинно бути осьове навантаження.

Осьове навантаження на коронку визначається за формулою

$$C = C_{\text{пит}} m, \text{ даН}, \quad (8.1)$$

де $C_{\text{пит}}$ – питоме навантаження на один основний різець (пакет), даН; m – кількість основних різців (пакетів) у коронці визначеного типу і діаметра.

Величину C_0 вибирають з урахуванням міцності твердосплавних різців. Рекомендовані навантаження на один основний (об'ємний) різець наведені в табл. 4.2, яку можна використовувати також при виборі типу твердосплавної коронки, що відповідає визначеній категорії порід за буримістю.

Частота обертання бурового снаряда визначається виходячи з рекомендованої колової швидкості різця за формулою

$$n = \frac{60V_{\text{кол}}}{\pi D_c}, \text{ хВ}^{-1}, \quad (8.2)$$

де $V_{\text{кол}}$ – колова швидкість руху різця, м/с; D_c – середній діаметр коронки, м,

$$D_c = \frac{D_3 + D_B}{2}, \text{ м}, \quad (8.3)$$

де D_3 і D_B – відповідно зовнішній та внутрішній діаметри коронки, м.

Конструктивні параметри твердосплавних коронок наведені в табл. 4.2.

Витрату промивальної рідини знаходять з рекомендованої питомої витрати у л/хв на 1 мм діаметра коронки (табл. 4.2) за формулою

$$Q = q_{\text{пит}} D_3, \text{ л/хв}, \quad (8.4)$$

де $q_{\text{пит}}$ – питома об'ємна витрата на 1 мм діаметра, л/хв; D_3 – зовнішній діаметр коронки, мм.

Можна також визначити потрібну витрату промивальної рідини, виходячи з рекомендованої швидкості висхідного потоку, необхідної для винесення зруйнованої породи на поверхню. Для цього треба помножити цю величину на площу кільцевого каналу між стінками свердловини і бурильних труб. Саме так визначають, наприклад, витрату повітря при бурінні з продувкою.

Вплив режимних параметрів на механічну швидкість проходки неоднаковий при бурінні різних порід. Так, при бурінні м'яких порід першорядне значення має промивання. При подачі великої кількості промивальної рідини вона не тільки швидко видаляє шлам з вибою, але і завдяки гідромоніторному ефекту сприяє руйнуванню гірських порід. Однак занадто велика витрата рідини може призвести до розмиву стовбура, утворенню каверн і викривленню свердловини. Осьове навантаження і частота обертання в умовах буріння м'яких порід мають підпорядковане значення. Тому що породи перших чотирьох категорій за буримістю слабостійкі, для кріплення стінок свердловин застосовують глинисті, безглинисті, полімерні й інші розчини.

Для буріння м'яких порід застосовують ребристі коронки.

При бурінні в абразивних породах береться нижня межа колової швидкості, що відповідає першій швидкості наявних бурових верстатів.

У групу порід IV–VIII категорій за буримістю входять дуже різноманітні породи, що необхідно враховувати при виборі типу твердосплавної коронки і режимних параметрів. Комплекс цих порід буриться зі значно меншою швидкістю, ніж м'які породи, тому роль промивання в даних умовах знижується і най-

головнішого значення набувають осьове навантаження і частота обертання снаряда. Потрібно враховувати, що буріння в абразивних породах при високих частотах обертання призводить до швидкого зносу різців коронки, а значить, проходка на коронку знижується, що зменшує час чистого буріння і збільшує витрати часу на спуско-підймальні операції для зміни відпрацьованих коронок. Тому в абразивних породах необхідно знижувати частоту обертання снаряда, а осьове навантаження збільшувати аж до рекомендованих максимальних значень.

Залежно від категорії за буримістю та інших властивостей цих порід колову швидкість приймають у межах 0,6–2,5 м/с, при цьому менші значення приймаються в абразивних, тріщинуватих і переміжних за твердістю, неоднорідних за складом породах, а великі – у неабразивних, монолітних й однорідних за складом і будовою.

Витрату промивальної рідини в породах середньої твердості і твердих приймають у межах 0,8–1,6 л/хв на 1 мм діаметра.

При бурінні в стійких породах V–VIII (IX) категорій за буримістю завжди, якщо це можливо, варто застосовувати для промивання воду, а в умовах утрудненого водопостачання – продувку повітрям, що збільшує техніко-економічні показники. Застосування глинистого розчину доцільно тільки при чергуванні твердих порід з м'якими, нестійкими.

Заклинювання керна в м'яких породах I–IV категорій за буримістю роблять зазвичай "затиранням всуху", тобто бурінням 10–15 см без промивання. Перед підйомом снаряда в бурильну колону скидають кульковий клапан, що перекриває отвір перехідника і попереджає видавлювання керна стовпом рідини в трубах у процесі підйому.

Для відриву й утримання керна в породах середньої твердості і твердих можна, як і при алмазному бурінні, застосовувати керновідривачі, а також матеріал для заклинювання у вигляді дробленого кварцу, фаянсу, скла, алюмінієвого дроту тощо.

8.4. Технологія алмазного буріння

Алмазне буріння – основний найбільш прогресивний різновид колонкового буріння геологорозвідувальних свердловин на тверді корисні копалини.

Алмазними коронками бурять породи VII–XII категорій за буримістю, а на великих глибинах і породи V–VI категорій.

Відносна міцність алмазних зерен зростає зі зменшенням їхнього розміру. Так, відносна міцність кристалів розміром 60–80 шт/карат у середньому на 70 % вище міцності кристалів розміром 20–30 шт/карат. Дрібні зерна алмазів застосовують при бурінні дуже твердих порід. Такі алмази витримують підвищені осьові навантаження, менше заповірюються і забезпечують перекриття торця коронки великою кількістю ріжучих зерен. У породах середньої твердості використовують більш великі зерна алмазів, що забезпечують високу механічну швидкість проходки свердловини.

Параметри режиму буріння алмазними коронками вибираються з урахуванням фізико-механічних властивостей порід, типу коронки, глибини і напрямку свердловини, а також стану і можливостей застосовуваного устаткування.

Буріння кожною новою одношаровою коронкою необхідно починати на знижених параметрах режиму: при осьовому навантаженні, яке не перевищує 120–150 даН, і мінімальній частоті обертання бурового снаряда. Після того як коронка почне руйнувати породу вибою всією торцевою поверхнею, а стовпчик керна ввійде у відривальне кільце, можна установити режим буріння, що відповідає характерові порід, типу і стану коронки. Час припрацювання коронки залежить від її типу, а також фізико-механічних властивостей породи й у середньому дорівнює 10–15 хв.

Оптимальне сполучення параметрів режиму буріння в процесі поглиблення свердловини забезпечує найбільш високі показники. В усіх випадках режимні параметри тісно погоджуються з типом алмазної коронки і властивостями гірських порід, що розбурюють: твердістю, абразивністю, тріщинуватістю тощо. При цьому режимні параметри повинні забезпечити не тільки максимальну швидкість буріння, але і високу проходку на коронку, найменшу витрату алмазів на 1 м буріння, кондиційний вихід керна і безаварійну роботу.

При алмазному бурінні вплив окремих режимних параметрів на процес буріння не рівнозначний. Найбільш важливим параметром є частота обертання коронки. Тому при алмазному бурінні частоту обертання доводять до 2000 хв⁻¹ і більше. Зі збільшенням частоти обертання питома витрата алмазів практично не збільшується. Однак цей показник залежить від властивостей порід, стану устаткування, потужності приводу, глибини свердловини. При бурінні щільних монолітних порід до глибини 500 м частоту обертання імпрегнованої коронки можна доводити до 2000 хв⁻¹. Частоту обертання доводиться знижувати при проходці досить твердих залізистих кварцитів, яшм, роговиків, а також переміжних за твердістю, сильнотріщинуватих або роздроблених порід.

Вплив осьового навантаження на процес буріння носить інший характер. Ріст механічної швидкості зі збільшенням осьового навантаження спостерігається до досягнення певного максимального її значення, після чого швидкість буріння знижується. При великих осьових навантаженнях матриця сильно притискається до породи вибою, що погіршує умови виносу шламу, охолодження коронки і веде до зниження механічної швидкості. При малому осьовому навантаженні (нижче критичного) має місце поверхневе, тобто саме неефективне, руйнування породи, і відбувається заповірювання алмазів, коронка виходить з ладу. Тому підбирають таке питома осьове навантаження, що забезпечує впровадження алмазів у породу (об'ємне руйнування). Чим твердіша порода, тим вище повинно бути питома навантаження. Загальне осьове навантаження на коронку визначається за формулою

$$C = C_{\text{пит}} S, \text{ даН}, \quad (8.5)$$

де $C_{\text{пит}}$ – питома осьове навантаження на робочий торець коронки, даН/см² (табл. 4.2); S – площа робочої частини торця коронки (за винятком площі промивальних каналів), см² (табл. 4.2).

Частота обертання бурового снаряда визначається аналогічно твердосплавному бурінню

$$n = \frac{60V_{\text{кол}}}{\pi D_c}, \text{ хв}^{-1}. \quad (8.6)$$

Витрата промивальної рідини визначається за формулою

$$Q = q_{\text{пит}} D_3, \text{ л/хв}, \quad (8.7)$$

де $q_{\text{пит}}$ – питома об'ємна витрата промивальної рідини в л/хв на 1 мм діаметра коронки (табл. 4.2); D_3 – зовнішній діаметр коронки, мм.

Зі збільшенням тріщинуватості механічна швидкість буріння підвищується в 1,1–1,8 рази, витрата алмазів зростає в 1,5–2,5 рази. З ростом твердості порід вплив тріщинуватості підсилюється.

Для зниження витрати алмазів у тріщинуватих породах рекомендується застосовувати алмазні коронки з підвищеною міцністю матриці при меншій насиченості алмазами і підвищеною їхньою якістю (овалізовані й поліровані); алмази з матриці не повинні виступати більш ніж на 10 % від їхнього середнього діаметра.

При бурінні тріщинуватих гірських порід частота обертання й осьове навантаження приймаються в 2–3 рази нижче, ніж при бурінні монолітних порід, і чим більше ступінь тріщинуватості, тим нижче значення цих параметрів.

При бурінні деяких порід: гранітів, туфів та інших відбувається заполірування алмазів, що викликає зниження механічної швидкості буріння і вихід коронок з ладу. Застосування високочастотних гідроударників типу ГВ-5, ГВ-7 з частотою ударів до 3000 уд/хв і невеликою силою одиничного удару при алмазному бурінні дає позитивний ефект, зокрема, за рахунок усунення заполірування алмазів.

При високих частотах обертання алмазних коронок виникає вібрація бурильного вала, в основному за рахунок того, що під дією крутного моменту й осьового навантаження бурильна колона набуває вигляду пружини з визначеним кроком. Величина кроку при обертанні міняється, змінюється також амплітуда коливань. Вібрація активно виявляється при резонансних явищах, тобто при збігу частоти вимушених з частотою власних коливань бурильної колони. Вібрація порушує нормальний буровий процес, знижує механічну швидкість, збільшує витрату алмазів, знос вибійного і поверхневого устаткування, зростають споживана приводом потужність і небезпека обриву колони. Виникнення і ступінь прояву вібрації залежать від геологічних, технічних і технологічних факторів.

Вібрації виникають при бурінні тріщинуватих, кавернозних, таких, що мають неоднорідну структуру, нерівномірну зернистість і переміжних за твердістю гірських порід.

До технічних факторів належать великі зазори між стінками свердловини і бурильних труб, викривленість бурильних і колонкових труб, порушення співвісності в з'єднаннях і особливо співвісності робочої труби і шпинделя, недостатня твердість і масивність фундаменту верстата, люфти у вузлах устаткування й ін.

Дуже негативно впливають такі технологічні фактори, як порушення заданих параметрів режиму буріння, занадто висока частота обертання снаряда, застосування алмазних коронок без врахування фізико-механічних властивостей гірських порід, продовження буріння при самозаклинюванні керна тощо.

Для боротьби з вібрацією насамперед необхідно установити й усунути основні причини її виникнення. Особлива увага приділяється виборові бурильної колони, що забезпечує кільцевий зазор між стінками свердловини і буриль-

них труб не більше 1,5–2 мм, а також матеріалу труб, маючи на увазі, що ЛБТ для цього найбільш придатні.

До антивібраційних заходів також належать: застосування центраторів, перехідників, забійних амортизаторів, амортизаторів крутильних коливань і ОБТ.

Антивібраційні змащення, які наносять на бурильні труби, знижують їхнє тертя об стінки свердловини і тому зменшують подовжні і крутильні коливання, амортизують енергію удару колони об стінки свердловини. Крім того, змащення тампонує тріщини в породах і усувають втрату промивання.

Найбільш розповсюджене змащення КАВЗ – каніфольне антивібраційне змащення, що складається із суміші каніфолі, нігролу (іноді), автолу і бітуму у визначеній пропорції.

Емульсійні антивібраційні промивальні рідини мають підвищені мастильні й антивібраційні властивості, крім того, полегшують руйнування гірських порід на вибої.

8.5. Технологія безкернового буріння

Забурювання свердловини починається з установки в попередньо пройдений шурф направлення довжиною 3–6 м з наступною цементацією затрубного простору. При проходці шурфу в м'яких породах доцільно використовувати шнекові забурники, у твердих породах – буропідривні роботи.

При бурінні м'яких порід I–III категорій найбільш доцільно застосовувати трилопатеві долота. При оснащенні долота гідромоніторними насадками ефект руйнування породи вибою зростає в 2–3 рази, а проходка на долото збільшується на 50 %. Для буріння порід середньої твердості успішно застосовують багатолопатеві долота різально-стиральної дії ИР і ИРГ. Шарошковими долотами бурять у будь-яких породах, однак найбільш ефективні вони у твердих і міцних породах. Алмазні долота мають високу стійкість, тому їх рекомендується застосовувати при бурінні глибоких свердловин у монолітних і слаботріщинуватих породах середньої і високої міцності й малої абразивності.

Осьове навантаження на долото при бурінні порід з недостатньо вивченими властивостями орієнтовно визначається за формулою

$$C = C_{\text{пит}} D_{\text{д}}, \text{ даН}, \quad (8.8)$$

де $C_{\text{пит}}$ – питоме навантаження на 1 см долота, що залежить від його типу і твердості порід (табл. 8.1); $D_{\text{д}}$ – діаметр долота, см.

З метою забезпечення міцності долота осьове навантаження C не повинно перевищувати припустиме. Навантаження C створюється колоною ОБТ, довжина якої визначається з виразу

$$L_{\text{ОБТ}} = \frac{kC}{q_{1\text{м}} \left(1 - \frac{\rho_{\text{р}}}{\rho_{\text{м}}} \right)}, \text{ м}, \quad (8.9)$$

де $k = 1,25$ – коефіцієнт збільшення довжини ОБТ для додаткового розтягання бурильних труб; $q_{1\text{м}}$ – вага 1 м ОБТ, даН; $\rho_{\text{р}}$ – густина промивальної рідини, кг/м^3 ; $\rho_{\text{м}}$ – щільність матеріалу бурильних труб (для сталі $\rho_{\text{м}} = 7850 \text{ кг/м}^3$).

Таблиця 8.1

Режими безкернового буріння

Тип долота	Категорія порід	Питоме осьове навантаження, даН/см	Колова швидкість обертання, м/с	Питома витрата промивальної рідини, л/хв/см	Швидкість висхідного потоку, м/с
Лопатеві долота					
Л	I–II	60–80	1,0–1,2	12–16	0,6–0,8
Л	III–IV	80–100	1,2–1,8	15–20	0,6–0,8
ИР	IV–V	100–115	0,6–1,2	13–18	0,6–0,8
ИР	VI–VII	115–130	0,5–1,0	13–18	0,6–0,8
Пікобури					
	I–II	50–60	0,8–1,2	12–16	0,6–0,8
	III–IV	60–70	1,0–1,4	15–20	0,6–0,8
	IV–V	70–90	0,6–1,2	13–18	0,6–0,8
Алмазні долота					
	VII–VIII	70–80	0,4–1,0	8–10	0,3
	IX–XI	80–90	0,8–1,4	6–8	0,25
Шарошкові долота					
М	I–IV	150–200	0,8–1,2	25–35	0,8
С	V–VII	200–250	1,0–1,4	20–25	0,8
СТ, СЗ	V–VII	200–300	0,8–1,2	20–25	0,8
Т, ТЗ	VII–VIII	250–300	0,7–1,1	15–20	0,6
ТКЗ, ТК	VII–IX	250–350	0,6–1,0	15–20	0,6
К	IX–X	250–400	0,6–0,9	13–15	0,4
ОК	XII	400–500	0,6–0,8	13–15	0,4

М'які і середньої твердості породи бурять при постійному протягом рейсу осьовому навантаженні, тверді і міцні породи – при поступовому підвищенні навантаження до максимально припустимого значення. Збільшення навантаження пов'язане із затупленням озброєння долота і необхідністю забезпечити об'ємний характер руйнування породи. На початку рейсу долото припрацьовується на вибої протягом 10–15 хв при зниженому навантаженні, потім його значення поступово підвищується до розрахункового. У тріщинуватих породах осьове навантаження знижують на 20–30 %, тому що ударні навантаження, що виникають, можуть викликати поломку долота.

Частоту обертання долота орієнтовно можна визначити за формулою:

$$n = \frac{60V_{\text{кол}}}{\pi D_{\text{д}}}, \text{ хв}^{-1}, \quad (8.10)$$

Колову швидкість обертання можна прийняти, використовуючи рекомендовані дані (табл. 8.1).

Витрата промивальної рідини

$$Q = V_{\text{вп}} \frac{\pi}{4} (D_{\text{д}}^2 - d_{\text{бр}}^2), \text{ м}^3/\text{с}, \quad (8.11)$$

де $V_{\text{вп}}$ – швидкість висхідного потоку промивальної рідини, що забезпечує винесення шламу на поверхню, м/с; $D_{\text{д}}$, $d_{\text{бр}}$ – діаметр відповідно долота і бурильних труб, м.

Швидкість висхідного потоку приймається більшою, якщо вище швидкість буріння і менше діаметр свердловини. При бурінні свердловин великих діаметрів для зменшення розрахункової величини Q допускається зниження $V_{\text{вп}}$ до 0,2–0,3 м/с, однак у цьому випадку для збільшення несучої здатності розчину варто підвищити його густину і в'язкість. Орієнтовано швидкість висхідного потоку можна прийняти використовуючи рекомендовані дані (табл. 8.1).

Параметри промивальної рідини повинні також забезпечувати створення необхідного гідростатичного протитиску на шари з високим пластовим тиском з метою виключення викидів зі свердловини. При розкритті водоносних шарів перевищення гідростатичного протитиску p_r стосовно пластового $p_{\text{пл}}$ повинно складати 0,02–0,03 МПа.

При бурінні в нормальних, неускладнених умовах параметри глинистого розчину приймаються такими: густина 1100–1350 кг/м³, в'язкість 18–22 с, водовіддача 5–10 см³/30 хв, вміст піску 3–4 %, стабільність 0,06 г/см³, напруга зсуву – статична 6 Па, динамічна 3–5 Па.

При бурінні пухких, пористих і сильнотріщинуватих порід для зменшення поглинання промивальної рідини варто збільшувати її в'язкість і знижувати водовіддачу. При розкритті шарів, що мають низькі пластові тиски і достатню стійкість стінок свердловин, для зменшення поглинань доцільно використовувати аеровані розчини, піну або продувку повітрям.

Параметри технологічного режиму буріння розраховуються для кожного різновиду порід розрізу і типу застосовуваного долота й уточнюються відповідно до промислових даних.

8.6. Буріння зі знімними керноприймачами

Використання знімних керноприймачів дозволяє підвищити продуктивність буріння в 1,5–2 рази порівняно зі звичайним алмазним бурінням за рахунок скорочення часу спуско-підймальних операцій та можливості вести буріння на більшу глибину при високій частоті обертання інструменту (більше 1000 хв⁻¹). При цьому зменшується витрата алмазів і збільшується вихід керна завдяки кращому центруванню бурильної колони і колонкового набору в свердловині, а також наявності сигналізатора самозаклинювання керна.

Снаряди із знімними керноприймачами (ССК) призначені для буріння геологорозвідувальних свердловин діаметром 46–76 мм, глибиною 1000–1200 м у монолітних, слаботріщинуватих і тріщинуватих породах VII–X категорій за буримістю. ССК рекомендується використовувати з буровими верстатами з високими частотами обертання шпинделя і з буровими насосами, що мають ступеневе регулювання витрати промивальної рідини.

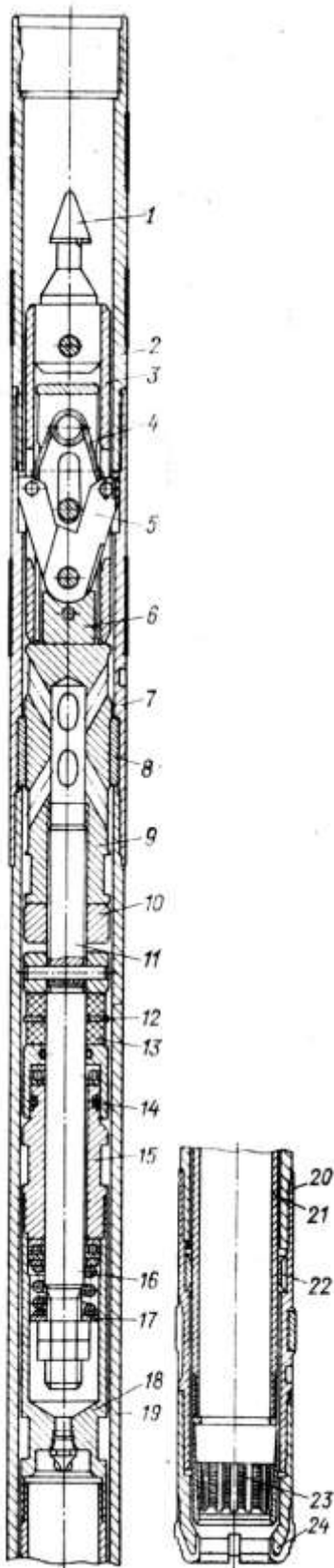
Комплекс снарядів із знімними керноприймачами КССК-76 призначений для буріння свердловин в менш твердих породах V–IX категорій за буримістю. Застосування КССК ефективно при бурінні свердловин у діапазоні 400–2000 м. Комплекс може застосовуватися як у простих, так і в складних геологічних умовах при наявності поглинань і водопритливів, у сильнотріщинуватих породах тощо. СКБ "Геотехніка" пізніше були розроблені комплекси КССК-59 і КССК-95 з максимальною глибиною буріння відповідно 2000 і 4500 м.

Технічні характеристики ССК і КССК наведені в табл. 8.2.

Таблиця 8.2

Технічна характеристика ССК і КССК

Показники	ССК-46	ССК-59	ССК-76	КССК-76
Максимальна глибина свердловин, м	1000	1200	1200	2000
Кут нахилу свердловин, град	90–75	90–75	90–75	90
Категорія порід за буримістю	VII–X	VII–X	VI–X	V–IX
Діаметр свердловини, мм	46,4	59,4	76,4	76,4
Діаметр керна	24	35,4	48	40
Діаметр бурильних труб, мм:				
зовнішній	43	55	70	70
внутрішній	55	45,4	60,4	61
Зазор між бурильними трубами і стінками свердловини, мм	1,7	2,2	3,2	3,2
Зовнішня колонкова труба, мм:				
зовнішній діаметр	44	56	73	73
внутрішній діаметр	35	45	60	60
товщина стінки	4,5	5,5	6,5	6,5
маса 1 м бурильної колони, кг	4,52	5,94	7,72	7,82
Внутрішня (керноприймальна) труба, мм:				
зовнішній діаметр	30	42	56	48
внутрішній діаметр	25,6	37	50,4	42
товщина стінки	2,2	2,5	2,8	3,0
Знімний керноприймач:				
довжина, мм	3790	2340, 3840, 5340	2540, 4045	6000
маса, кг	8,3	9,5; 13,2; 16,9	17,1; 22	28,5
Колонковий набір:				
довжина керноприймальної частини, мм	3200	1700, 3200, 4700	1700, 3200	4500
загальна довжина, мм	3910	2432, 3932, 5432	2690, 4190	6725
маса, кг	25,5	30, 40, 54	45, 66	104
Зазор між керноприймальною і колонковою трубами, мм	2,5	1,5	2,0	6,0
Параметри режимів буріння:				
частота обертання, хв ⁻¹ , не більше	2000	1600	1200	1000
осьове навантаження, даН, не більше	1200	1700	2200	2500
витрата промивальної рідини, л/хв, не менше	7	15	25	30
Вид промивальної рідини	Технічна вода, емульсійні й полімерні розчини	Технічна вода, емульсійні й малоглинисті розчини з полімерними домішками	Технічна вода, емульсійні й нормальні глинисті розчини з полімерними домішками	Технічна вода, глинисті розчини
Ресурс комплексу, тис. м	10	8	7,5	6



Колонковий набір, призначений для буріння зі знімними керноприймачами, являє собою різновид подвійної колонкової труби, внутрішня частина якої (знімний керноприймач) разом з керном може транспортуватися через внутрішній канал бурильної труби після закінчення циклу буріння.

Колонковий набір ССК складається з таких основних частин (рис. 8.1): зовнішньої колонкової труби 19; внутрішньої (керноприймальної) труби 21; керновідривача 23; підшипникового вузла, опорного кільця 8; стабілізатора 22; релігового перехідника 7; перехідника на бурильні труби 2. Зовнішні колонкові труби мають значну товщину стінки, тому що сприймають крутий момент, осьове навантаження при бурінні, а також зусилля від зриву керна. Базова довжина керноприймальної частини колонкових наборів ССК – 3,2 м, однак у комплект можуть входити укорочені колонкові набори з довжиною керноприймальної частини 1,7 м і подовжені до 4,7 м; керноприймач КССК має довжину 6,0 м. Внутрішні труби в процесі експлуатації не зазнають великих навантажень і товщина їх незначна.

Промивальна рідина обтікає знімний керноприймач по зазору між ним і зовнішньою колонковою трубою й омиває керн тільки в самому низу, біля матриці коронки. Нерухомість керноприймальної труби при бурінні забезпечується підшипниковим вузлом з двома упорними шарикопідшипниками, що сприймають осьове навантаження. Між підшипниками встановлена напрямна втулка, що виконує роль радіального підшипника ковзання. При підйомі знімного керноприймача овершотом за головку 1 втулка 3, переміщуючись у корпусі скосами пазів, складає стопори і звільняє знімний керноприймач. При зриві керна стискується пружина 16 підшипникового вузла і зовнішня колонкова труба зміщується нагору відносно керноприймальної труби, а торець корпусу керновідривача сідає на коронку. Таким чином, основне зусилля при зриві керна сприймається не тонкостінною керноприймальною трубою, а передається через коронку на розширювач, зовнішню колонкову трубу і бурильні труби.

Рис. 8.1. Колонковий набір ССК:

1 – головка; 2 – перехідник на бурильні труби; 3 – втулка; 4 – пружина стопорів; 5 – стопор; 6 – сухар; 7 – реліговий перехідник; 8 – опорне кільце; 9 – корпус підшипникового вузла верхній; 10 – контргайка; 11 – вал; 12 – шайба; 13 – манжета; 14 – шарикопідшипник; 15 – напрямна втулка; 16 – пружина підшипникового вузла; 17 – шайба; 18 – корпус підшипникового вузла нижній; 19 – зовнішня колонкова труба; 20 – розширювач; 21 – керноприймальна труба; 22 – стабілізатор; 23 – керновідривач; 24 – алмазна коронка

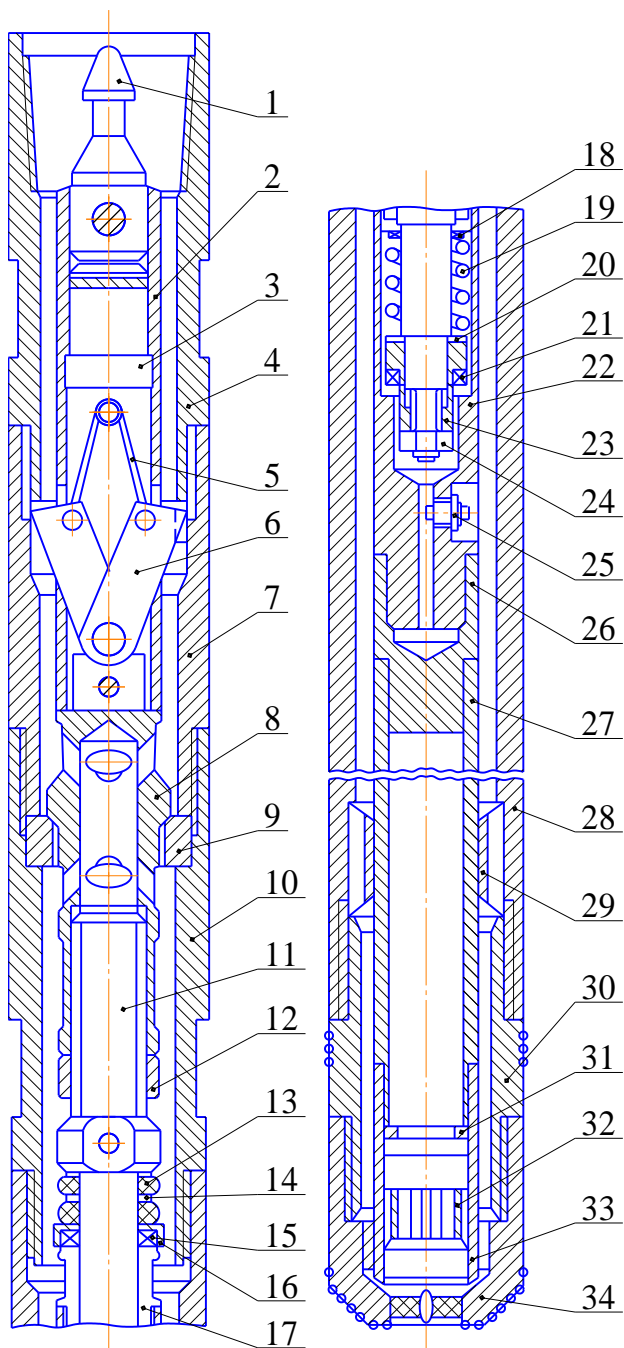


Рис. 8.2. Колонковий снаряд КССК-76 зі знімним керноприймачем:

1 – головка знімного керноприймача; 2 – гільза; 3 – штифт; 4 і 29 – центратори; 5 – пружина кручена; 6 – засувки; 7 і 10 – перехідники; 8 – корпус; 9 – опора; 11 – шпindel; 12 – регульовальна гайка; 13 – гумові манжети; 14 і 20 – шайби; 15 – упорний підшипник; 16 – кожух підшипника; 17 – опора підвіски; 18 і 21 – підшипники; 19 – пружина; 22 – кільце; 23 і 24 – гайки; 25 – маслянка; 26 – перехідник підвіски; 27 – керноприймальна труба; 28 – зовнішня колонкова труба; 30 – розширювач; 31 – стопорне кільце; 32 – керновідривальне кільце; 33 – корпус керновідривача; 34 – алмазна коронка

У підшипниковому вузлі є дві гумові манжети, призначені для сигналізації про заповнення керноприймальної труби керном або про самозаклинювання керна. В останньому випадку керноприймальна труба припиняє поступальний рух, у той час як зовнішня труба продовжує опускатися вниз. Торцевою поверхнею перехідник починає передавати осьове зусилля на засувки і далі через вал на керноприймальну трубу. У результаті цього гумові манжети починають стискуватися і, збільшуючись по зовнішньому діаметру, перекривають доступ промивальної рідини до вибою. Підвищення тиску відзначається манометром промивального насоса, що свідчить про самозаклинювання керна.

При можливості здійснювати буріння ССК з більшою довжиною рейса, ніж довжина керноприймальної частини, застосовують подовжені колонкові набори, з'єднуючи попарно зовнішні й внутрішні колонкові труби. Зовнішні колонкові труби з'єднують за допомогою центратора, що має на зовнішній поверхні наплавлення, а керноприймальні труби – за допомогою з'єднувальної втулки.

Колонковий набір КССК-76 (рис. 8.2) складається з колонкової труби 28 з розширювачем 30 і центратора 29, що стабілізує знімний керноприймач. До верхнього кінця колонкової труби приєднані перехідники 7 і 10, між якими розташована опора 9 для підвіски знімного керноприймача. Набір з'єднується з колоною бурильних труб через центратор 4.

Знімний керноприймач складається з механізму блокування, вузла підвіски, приймальної труби і керновідривача. Механізм блокування у свою чергу містить у собі голівку 1, гільзу 2, штифт 3, засувки 6 з пружиною 5. Перехідник підвіски з'єднаний з керно-

приймальною трубою 27, до якої приєднаний керновідривач. Знімний керноприймач підвішений у снаряді за буртики свого корпусу 8 на опорі 9. Механізм блокування охороняє знімний керноприймач у процесі буріння від переміщення з колонкового снаряда в колону бурильних труб.

При заповненні приймальної труби керном корпус колонкового набору переміщається відносно її вниз; у результаті цього через упорний підшипник 15 передається зусилля на манжети 13, які, перебиваючи міжтрубний зазор, викликають підвищення тиску в нагнітальній мережі насоса.

Бурильна колона ССК повинна мати гладку зовнішню (для буріння на високих частотах обертання) і гладку внутрішню поверхні (для пропуску керноприймальних труб через бурильну колону). Бурильні труби для ССК виготовляються із хромонікелемолібденової сталі 38ХНМ, мають спеціальну конструкцію нарізного з'єднання. Труби між собою згвинчуються "труба в трубу" без додаткових з'єднувальних елементів.

Бурильна колона комплексу КССК-76 складається з негладкостовбурних бурильних труб діаметром 70 мм із висадженими усередину кінцями, що з'єднуються муфтами і замками діаметром 73 мм. Прохідний отвір (мінімальний) має діаметр 53 мм, діаметр знімного керноприймача 48 мм, діаметр керна 40 мм. Труби виготовляються зі сталі марки 36Г2С, муфти і замки – зі сталі марки 40ХН. Негладкостовбурність бурильної колони не дозволяє застосовувати високі частоти обертання бурового снаряда, хоча за рахунок скорочення кількості спусків і підйомів бурильних колон застосування КССК-76 забезпечує ріст продуктивності буріння на 10–30 % при поліпшенні якості випробування прохідних порід.

Буріння варто починати після того, як керноприймач досягне робочого положення. Кожен рейс колонковим набором з новою алмазною коронкою необхідно починати з її припрацювання. Протягом перших 10–15 см заглиблення свердловини керн повинен вільно ввійти в керноприймальну трубу через керновідривач. Рекомендується такий режим буріння в цей період: частота обертання до 300 хв^{-1} , осьове навантаження до 400 даН, витрата промивальної рідини до 20 л/хв.

Подальший процес буріння здійснюється на оптимальному режимі, під яким для ССК розуміється режим з параметрами, що забезпечують максимальні механічну швидкість буріння і проходку за рейс при мінімальній витраті алмазів. Вибір оптимальних значень параметрів режиму при бурінні свердловин зі знімними керноприймачами аналогічний вибору параметрів при звичайному алмазному бурінні.

До кінця рейсу в міру затуплення алмазного породоруйнівного інструменту осьове навантаження необхідно збільшувати. Межі зміни осьового навантаження залежно від типу використовуваної алмазної коронки наведені в табл. 8.3.

Забороноюється підвищувати осьове навантаження для ліквідації самозаклинювання керна, тому що це може призвести до ушкодження керноприймальної труби і припикання коронки. Осьове навантаження варто зменшувати при бурінні в складних геологічних умовах (породах тріщинуватих, кавернозних, переміжних за твердістю, при нестійких стінках свердловини тощо). При визначенні осьового навантаження слід враховувати гідравлічний підпір, що через малі зазори між стінками свердловин і колоною бурильних труб може досягати великих значень.

Таблиця 8.3

Рекомендації зі зміни осьового навантаження залежно від типу використовуваних алмазних коронок при бурінні ССК і КССК

Типорозмір комплексу	Тип коронок	Навантаження, даН
ССК-46	К-90	500–800
	К-90-1	800–1000
	К-90-2	700–900
	К-96	1000–1200
ССК-59	К-01	1000–1300
	К-01-1	1300–1500
	К-01-2	1200–1400
	К-08	1500–1700
ССК-76	КАСК-4С	1500–1800
	КАСК-К	1600–2000
	КАСК-3	1000–1400
	КАСК-Р	800–1000
КССК-76	17А4	1500–2000

Буріння ССК і КССК повинно проводитись на максимально високих частотах обертання. Знижувати частоту обертання необхідно при бурінні м'яких і дуже твердих порід, у складних геологічних умовах, а також з появою вібрації бурового снаряда. Рекомендована частота обертання при бурінні в щільних породах VIII–X категорій за буримістю та використанні антивібраційного змащення бурильних труб наведені в табл. 8.4. Частота обертання повинна бути зменшена з появою ознак заповірювання коронок.

Таблиця 8.4

Рекомендована частота обертання при бурінні ССК

Типорозмір ССК	Тип верстата	Частота обертання, хв ⁻¹	Межова глибина буріння, м
ССК-46	СКБ-4	1615	200
		1100	500
		710	1000
ССК-59	СКБ-5	1500	100
		1130	200
		720	500
		540	800
	СКБ-7	1500	300
		1200	600
		1000	1000
ССК-76	СКБ-7	900	1200
		1500	100
		1200	200
		1000	400
		800	600
		550	1200

При бурінні свердловин комплексами КССК по вугіллю необхідно дотримуватись таких режимів: частота обертання 120–250 хв⁻¹, осьове навантаження 1000–1500 даН, витрата промивальної рідини 30–40 л/хв. Після закінчення буріння вугільного пласта слід поглибитися у вмісній породі не менше ніж на 0,5–0,6 м.

Для запобігання надмірної розробки стовбура свердловини й утворення каверн необхідна хімічна обробка промивальних розчинів. При бурінні монолітних і слаботріщинуватих порід рекомендується застосовувати водні або малоглинисті (до 5 % глини) розчини, що містять водомасляну емульсію або мастильну домішку і реагент К-4 (до 2 % від обсягу розчину). При бурінні в складних умовах (тріщинуваті породи) слід використовувати розчини, що містять до 20 % глини й оброблені реагентом К-4 (2–2,5 %), шкіряну пасту або СЛХ-33 (1,5–2,5 %) і кальциновану соду (0,75 %). Найкращі результати досягаються при бурінні з промиванням свердловин полімербентонітовими промивальними розчинами з низьким вмістом твердої фази.

8.7. Буріння з гідротранспортом керна

Геологічна зйомка і картирування, пошуки і розвідка багатьох видів корисних копалин супроводжуються бурінням свердловин у розрізах з пухкими породами осадової товщі і корою вивітрювання з відбором керна також і з корінних порід.

Звичайне колонкове буріння в таких умовах, як правило, неефективно, оскільки здійснюється із скороченими рейсами для підвищення виходу керна. Воно пов'язано також з поглинанням промивальної рідини, нестійкістю стінок свердловин, що зазвичай призводить до ускладнень і аварій. Необхідність застосування глинистого розчину і кріплення свердловин обсадними трубами ускладнює організацію бурових робіт, підвищує їхню вартість.

Буріння з гідротранспортом керна виключає ці недоліки.

Сфера застосування цього методу – проходка свердловин глибиною до 100–500 м у м'яких породах II–IV категорій за буримістю з прошарками порід до VII категорії.

Перевагою буріння з гідротранспортом керна є безперервність технологічного циклу від забурювання до завершення свердловини. Процес буріння зупиняють лише для нарощування бурильної колони. Довжина рейсу зростає в сотні разів і може дорівнювати глибині свердловини.

Застосування так званого "внутрішнього" промивання, при якому промивальна рідина змінює напрямок на зворотний у 20–30 мм від вибою свердловини, дозволяє значною мірою скоротити втрати рідини при бурінні тріщинуватих порід і здійснювати винос керна навіть у тих умовах, при яких звичайне колонкове буріння з глинистим розчином супроводжується повним його поглинанням.

На відміну від звичайної технології, буріння з гідротранспортом керна дозволяє безперешкодно проходити свердловини в зонах поглинання промивальної рідини, у водонапірних пісках, що набухають, різновидах глин і в мерзлих породах, що втрачають стійкість при відтаванні.

Несприятливими для буріння цим методом є умови, які характеризуються наявністю в товщі м'яких порід прошарків порід VIII–IX категорій потужністю

до 20–25 м або часто переміжних абразивних твердих і м'яких порід, наявністю галькового матеріалу, а також необхідністю заглиблення в породи кристалічного фундаменту на глибину більше 3 м.

У СКБ "Геотехніка" розроблені комплекси технічних засобів КГК-100, КГК-300 і КГК-500, призначені для буріння свердловин з гідравлічним транспортуванням вибуреного керна зі свердловини на поверхню з глибиною буріння відповідно 100, 300 і 500 м.

Комплекс КГК-100 спроектований на базі модернізованої установки УРБ-2А-2 (рис. 8.3).

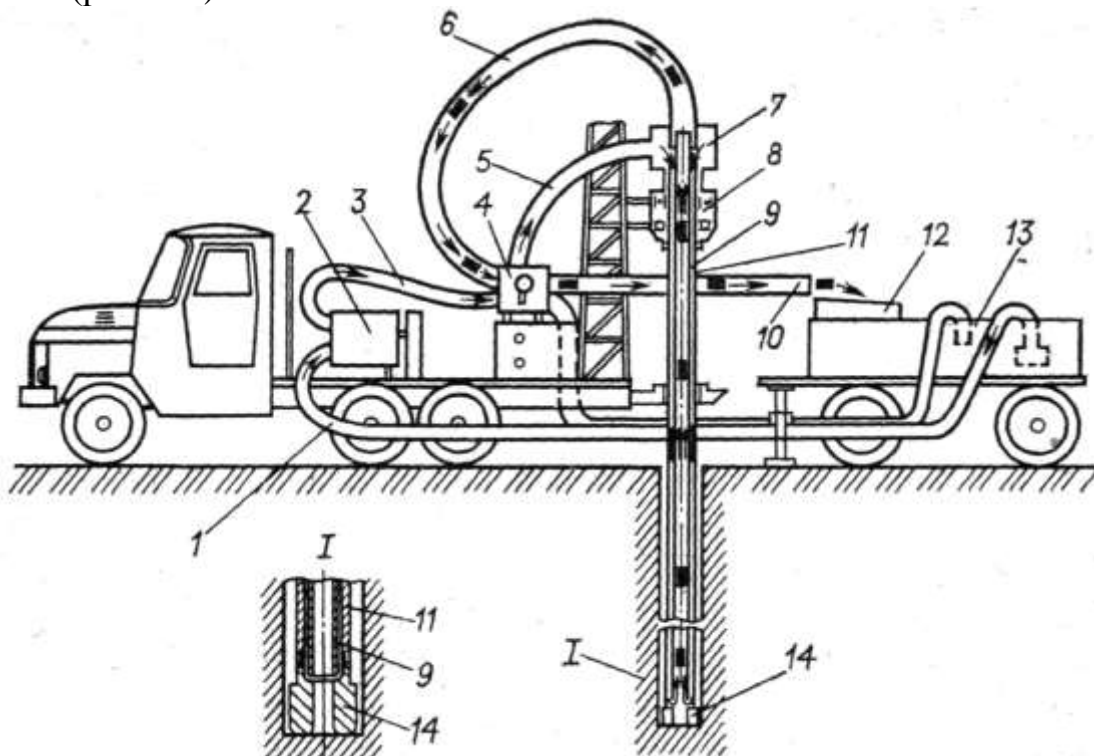


Рис. 8.3. Схема установки для буріння з гідротранспортом керна КГК-100 (КГК-300):
 1 – всмоктувальний шланг; 2 – буровий насос; 3, 5 – нагнітальний рукав; 4 – вентиль;
 6, 10 – керновідвідний рукав; 7 – буровий сальник; 8 – рухомий обертач;
 9 – внутрішні бурильні труби; 11 – зовнішні бурильні труби;
 12 – керноприймальний пристрій; 13 – причіп-емність; 14 – коронка

Основні технічні дані комплексу КГК-100:

Тип обертача	рухомий з гідроприводом
Частота обертання, хв ⁻¹	140; 225; 325
Крутний момент, Н·м	1970; 1240; 860
Тип подачі	канатний з приводом від гідроциліндра
Довжина ходу обертача, мм	5200
Зусилля подачі, Н	
угору	56500
униз	31000
Висота щогли, м	8,4
Буровий насос	НБ4-320/63
Промивальна рідина	технічна вода
витрата, л/хв	32; 55; 105; 125; 180; 320
тиск, Н/см ²	630; 630; 630; 630; 500; 300

До складу комплексу входять подвійна концентрична бурильна колона, що складається з окремих секцій труб і трубних компенсаторів, спеціальний буровий сальник, елеватор, система нагнітання і відводу промивальної рідини, стелаж для укладання бурильних труб, керноприймальний пристрій і пересувна ємність.

Зовнішні труби бурильної колони діаметром 73 мм мають ніпелі і муфти, що з'єднуються за допомогою конічних різьб. Внутрішні труби виготовляються з легкого сплаву Д16Т; до їхніх кінців приєднані сталеві наконечники з центрувальними ребрами і торцевими поверхнями, виконаними у формі конуса і сфери. Внутрішні труби можуть переміщатися вздовж осі відносно зовнішніх на 40 мм. При згвинчуванні зовнішніх труб у колону внутрішні труби з'єднуються між собою відповідно до торцевих поверхонь втулок і притискаються підпружиненою внутрішньою різьбою промивального сальника, що забезпечує герметичність з'єднань.

Спеціальний буровий сальник за допомогою шпинделя, закріпленого в рухомому обертачі, забезпечує передачу крутного моменту й осьового навантаження, а також подачу потоку промивальної рідини в кільцевий зазор (міжтрубний простір) подвійної бурильної колони і відвід висхідного потоку з керном і шламом з центрального каналу колони в керноприймальний пристрій через керновідвідну дугу і шланг.

Елеватор, змонтований на шпинделі обертача, слугує для здійснення спуско-підймальних операцій, нарощування, згвинчування і розгвинчування бурильних труб. Корпус елеватора пов'язаний зі шпинделем фігурною втулкою, встановленою у траверсу; крутний момент передається через шліци, що розташовані на зовнішній поверхні шпинделя. Усередині шарнірів, що зв'язують корпус із траверсою, змонтований пристрій, який створює безпечні умови для роботи з елеватором шляхом виключення можливості передачі крутного моменту при відхиленні корпусу елеватора від вертикалі під час проведення операцій зі спуску–підйому і нарощування. Елеватор дозволяє піднімати зі стелажа чергову бурильну трубу і згвинчувати її з колоною. Потім шпиндель виводиться з зачеплення з елеватором і згвинчується з верхнім кінцем нарощуваної труби.

При бурінні з гідротранспортом керна як породоруйнівний інструмент використовуються твердосплавні коронки. Найбільш універсальні коронки діаметром 84 мм типу КГ-84МС успішно використовуються при бурінні практично всіх порід. Виключення складають розрізи, що містять значні інтервали в'язких порід, схильних до утворення сальників, у яких більш ефективні коронки діаметром 93 мм типу КГ-93МС. В однорідних породах середньої твердості й твердих корінних породах можуть бути використані коронки діаметром 76 мм.

При бурінні свердловин глибиною понад 150 м у розрізах, що містять прошарки порід V–VIII категорій, рекомендується застосовувати спеціальні коронки типу КГ-84С, армовані великими різцями. Великі різці мають підвищену зносостійкість і дозволяють проходити свердловини глибиною 200–300 м за 1–2 рейси.

Практично у всіх випадках буріння в основному здійснюється в породах II–IV категорій, хоча свердловини іноді проходять по прошарках IV–VIII категорій і проникають у кору вивітрювання, складену породами V–VII категорій, а також у кристалічний фундамент до X категорії.

Параметри режиму, що рекомендуються при бурінні в сприятливих умовах, наведені в табл. 8.5.

Таблиця 8.5

Тип порід	Параметри режиму буріння			Параметри розходжування	
	Частота обертання, хв ⁻¹	Осьове навантаження, даН	Витрата промивальної рідини, л/хв	Інтервал, м	Висота, м
В'язкі глини і суглинки	325	500–900	200–320	1–1,5	1–1,5
В'язкі й сипучі глини, суглинки і піски	225	500–700	220–260	Не застосовується	
Сипучі піски, супісі	325	450–900	125	2–2,5	0,5
Гравійно-галькові відклади	140–170	600–1000	180–260	0,3–1,0	0,2–0,5
Щільні, стійкі алевроліти, аргіліти	225	700–1200	180	0,3–0,5	0,1–0,5
Пісковики, вапняки	225	800–1600	180	0,1–0,5	0,1–0,5
Окременілі породи	225	1500–1800	180	0,05–0,1	0,05–0,1

Вибір промивальної рідини – одним з важливих засобів підвищення ефективності буріння з гідротранспортом керна.

Здебільшого використовується вода, що дозволяє бурити без ускладнень і з достатніми швидкостями в таких умовах, у яких звичайно застосовується глинистий розчин. При цьому витрата рідини знижується в кілька разів.

Однак з появою в розрізі нестійких порід і збільшенням глибин виникає необхідність застосування спеціальних промивальних рідин. Промивальні рідини для буріння з гідротранспортом керна в ускладнених умовах повинні володіти високою несучою здатністю при порівняно невеликій в'язкості, низьким показником фільтрації, а також мати гарні властивості кольматації.

Поряд з параметрами розчину, що циркулює в колоні, ефективність буріння залежить від наявності, властивостей і рівня стовпа промивальної рідини в затрубному просторі, а також від способу його підтримки.

При глибинах до 100 м стовбур свердловини може періодично промиватися рідиною з вибою шляхом переходу на пряме промивання. У затрубному просторі в результаті утвориться природний глинистий розчин. При великих глибинах через устя свердловини варто підливати спеціальний розчин підвищеної в'язкості (35 с) густиною до 1100–1300 кг/м³ з домішками реагентів.

Зазвичай затрубний простір заливається самопливом розчину із зумпфа об'ємом 0,3 м³, який розташований біля устя свердловини. Підливати розчин слід при стійкому зниженні рівня. Крім того, через 10–15 м рекомендується піднімати інструмент на цю довжину і знову доходити до вибою, доливаючи спеціальний розчин у затрубний простір.

Поліпшення властивостей промивальних рідин досягається шляхом застосування домішок на основі полімерів поліакрилової групи (гіпан і К-9). Додавання зазначених реагентів підвищує в'язкість розчину і його несучу здатність, поліпшує стійкість стінок стовбура свердловини, зменшує у 2 рази потрібну витрату рідини, дещо знижує витрати потужності на буріння. Як правило, концентрація реагентів не повинна перевищувати 1,5–2,5 % і тільки в особливо нестійких розрізах може досягати 6 %.

Перед черговим нарощуванням колони бурильних труб необхідно промити вибій до повного виносу керна, виконавши 3–7 розходжувань на висоту 0,2–0,4 м.

Залежно від фізико-механічних властивостей порід кернавий матеріал зазвичай представлений трьома різновидами:

– "стовпчики" – утворюються при бурінні щільних глин, щільної крейди й інших пластичних порід; довжина стовпчика 3–5 см, а його діаметр 34–38 мм;

– "пульпа" – характерна для ґрунтового шару, суглинків, пісків, кори вивітрілих кристалічних порід, контактів крейди, окремих різновидів глин, бурого вугілля; пульпа являє собою різні за величиною шматочки породи;

– "пелюстки" – утворюються при розходжуванні бурового снаряда в ході пророблення стовбура свердловини, а також при бурінні слабопластичних порід; вони являють собою витягнуті смужки довжиною 30–70 мм із товщиною 5–10 мм.

Найбільш представницьким для вивчення є керна у вигляді стовпчиків без домішки пелюстків і пульпи.

Маса відмитої вугільної проби для аналізу складає 2 кг на 1 м проходки, маса проби, що відбирається з кори вивітрювання глинистого і глинисто-щербенистого складу при геохімічних пошуках золота, рідкоземельних елементів, силікатного нікелю, – 5 кг/м; маса проби глинистого бокситу 3,7 кг/м, пухкого бокситу 3,3 кг/м, бокситової глини 4 кг/м; маса малої лабораторної або технологічної проби може досягати 200–300 кг.

Кернавий матеріал дозволяє проводити всі сучасні види випробування.

8.8. Ударно-обертальне й обертально-ударне буріння

Ударно-обертальне буріння здійснюється за допомогою вибійних механізмів – гідроударників або пневмоударників. При цьому використовується повертальне устаткування, таке як і при обертальному способі буріння.

Буріння гідроударним і пневмоударним способами проводиться спеціальними твердосплавними коронками і долотами з великими різцями або стандартними твердосплавними коронками. Гідроударник або пневмоударник, що знаходиться над колонковою трубою, передає породоруйнівному інструменту удари з частотою 900–1500 уд/хв. Порода руйнується переважно за рахунок сколювання. Відбувається також зім'яття під впливом колового зусилля. Швидкість обертання інструменту повинна бути нижчою, ніж мінімальні швидкості при обертальному бурінні, з тим щоб відстань між сусідніми ударами інструменту по породі була найбільш раціональною.

Обертально-ударний спосіб відрізняється тим, що гідроударник працює із частотою ударів, збільшеною до 2000–3000 уд/хв, але із зниженою енергією удару. Це дозволяє підвищити ефективність буріння звичайного породоруйнівного інструменту за рахунок створення на вибої мікротріщин.

Вибійні машини приводяться в дію енергією потоку промивальної рідини (гідроударники) або стисненого повітря (пневмоударники).

Ця енергія перетворюється в зворотно-поступальний рух бойка, який завдає удари, що передаються через колонкову трубу породоруйнівному інструменту.

8.8.1. Гідроударне буріння

У практиці розвідувального буріння найбільш широке розповсюдження одержали уніфіковані гідроударні машини типів Г-59 і Г-76, які призначені для буріння свердловин звичайними (для обертально-ударного) і спеціальними (для ударно-обертального) твердосплавними й алмазними коронками, а також долотами в породах VII–XII категорій за буримістю.

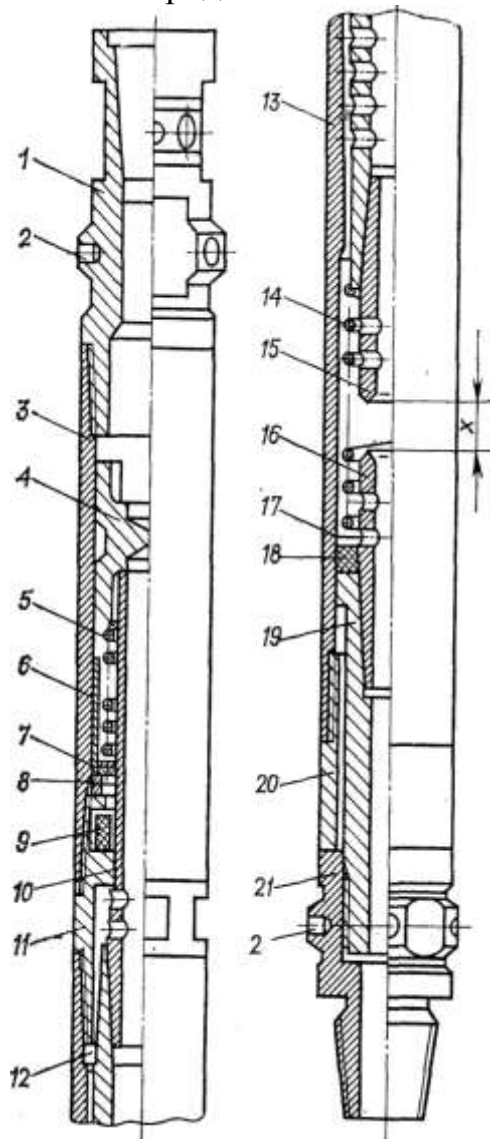


Рис. 8.4. Гідроударна машина Г-76 (Г-59):

1 – верхній перехідник; 2 – центратори; 3 – патрубок; 4 – клапан; 5 – пружина клапана; 6 – обмежувач ходу; 7, 8 – регулювальні прокладки; 9 – манжета; 10 – поршень; 11 – циліндр; 12 – обважнювач; 13 – корпус; 14 – пружина бойка; 15 – насадки; 16 – ковадло-насадка; 17 – регулювальні прокладки; 18 – гумове кільце; 19 – шліцьовий шток; 20 – шліцьовий стакан; 21 – нижній перехідник; X – хід бойка

Уніфікація гідроударників дозволяє виконувати їх регулювання для ударно-обертального (висока енергія і середня частота ударів, індекс "У" в маркуванні машини) та обертально-ударного (мала енергія і висока частота ударів, індекс "В" у маркуванні) способів буріння.

Включення до складу бурового снаряда відбивача гідроударних хвиль (індекс "О" в маркуванні) забезпечує зниження подачі промивальної рідини, підвищення вибійної потужності і збільшення глибини використання.

Основними елементами гідроударника Г-76 (Г-59) (рис. 8.4) є підпружинений клапан 4, обмежувач ходу клапана 6, бойок (деталі 10, 12, 15), ковадло (деталі 16, 19, 21), пружина бойка.

З колонковим набором гідроударник з'єднаний різьбою нижнього перехідника. Корпус 13 через шліцьовий стакан 20 рухомо сполучений із шліцьовим штоком 19, завдяки чому в підвішеному стані бойок займає нижнє положення, а промивальна рідина вільно проходить через бічний канал клапана і центральний канал.

Після установки бурового снаряда на вибій корпусні деталі з клапаном опускаються вниз, і клапан 4 переміщається до контакту з торцем поршня бойка 10 (це положення показане на рис. 8.4). Потік перекривається, відбувається гідравлічний удар. Клапан разом з бойком рухається вниз, стискаючи пружини 5 і 14. Хід клапана "К" триває до упора в обмежувач 6. Бойок по інерції рухається далі, продовжуючи стискати пружину 14, і в кінці ходу бойка "Х", який більш ніж хід клапана на величину вільного ходу "С", завдає удару по ковадлу. Удар передається на колонковий набір і коронку. В цей час, оскільки бойок відірвався від клапана, рідина вільно проходить до вибою, а пружина клапана повертає його в початкове положення. Після зупинки бойка при ударі його об ковадло пружина піднімає бойок угору до зіткнення з клапаном. Процес повторюється.

Для ударно-обертального буріння свердловин діаметром 76 мм використовується спеціальний буровий інструмент: гідроударник Г76У, колонковий набір ОК-81, ежектор ОК-80М-76, подвійний колонковий набір ОК-70М (рис. 8.5).

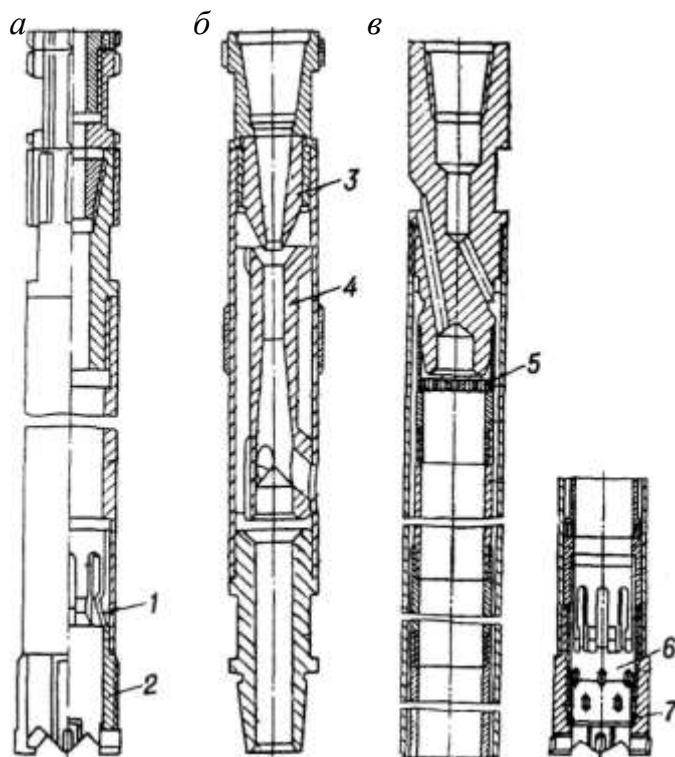


Рис. 8.5. Колонкові набори для ударно-обертального буріння гідроударними машинами:
a – колонковий набір ОК-81; *б* – ежекторний вузол ОК-80М-76; *в* – подвійний колонковий набір ОК-70М: 1 – керновідривач; 2 – коронка КГ-3-76-4; 3 – сопло; 4 – дифузор; 5 – щілинний фільтр; 6 – корпус керновідривача; 7 – гумове кільце

Осьове навантаження приймається 3–10 кН залежно від типу коронки і властивостей порід і слугує тільки для щільного притиснення різців до породи та заглиблення після удару в зруйновану частину вибою.

У тріщинуватих породах буріння із застосуванням гідроударників призводить до погіршення виходу керна. Для підвищення виходу керна в цих умовах між гідроударником і колонковою трубою встановлюють ежекторні снаряди, що створюють зворотну циркуляцію рідини.

Обертально-ударне гідроударне буріння здійснюється за допомогою машин Г76В і Г59В.

При алмазному бурінні між гідроударною машиною і колонковою трубою ставлять подільник потоку, завдяки якому до коронки поступає рідина в необхідній для алмазного буріння кількості (30–80 л/хв).

Руйнування породи відбувається так само, як і при звичайному обертальному бурінні, але за рахунок ударів у вибої утворюється безліч мікротріщин, внаслідок чого міцність породи різко знижується.

Технічна характеристика гідроударників наведена в табл. 8.6.

Таблиця 8.6

Технічна характеристика гідроударників

Параметри	Типорозмір										
	Г59У	Г59В	Г59ВО	Г76В	Г76ВО	Г76У	Г76УО	Г112/200	Г112/300	Г151/350	Г151/600
Глибина буріння, м		700	2000	800	2000	700	1500	300	300	300	300
Подача промивальної рідини, л/хв	100–130	60–80	20–30	80–120	40–50	180–200	70–80	200	300	350	600
Енергія удару, Дж	50–60	5–7	6–15	10–12	12–17	25–30	30–45	60	60	100	100
Частота ударів, Гц	20	35–75	60–70	30–45	50–55	20–25	30–40	15	15	15	15
Перепад тиску на машині, МПа	1,2–1,5	1,4–1,7	3,2–3,5	1,0–1,5	3,2–3,5	1,5–1,8	1,9–2,3	3,0	2,0	2,5	1,5
Діаметр корпусу, мм	57	57	57	70	70	70	70	108	108	146	146
Довжина, мм	1825	1710	2850	1995	3165	1995	3385	2010	2010	2520	2520
Маса, кг	12	25,0	47,0	42,0	77,5	42,0	74,5	95	95	250	250

8.8.2. Пневмоударне буріння

При пневмоударному бурінні використовується тільки ударно-обертальний спосіб буріння.

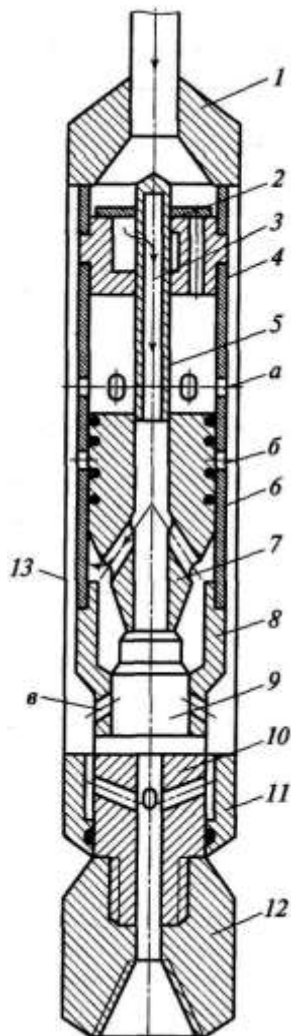


Рис. 8.6. Розвідувальний пневмоударник РП-130:

1 – перехідник; 2 – перекидний клапан; 3 – стрижень; 4 – корпус клапана; 5 – трубка клапана; 6 – циліндр; 7 – поршень; 8 – нижня втулка; 9 – хвостовик; 10 – шліцьова втулка; 11 – шліцьова муфта; 12 – нижній перехідник; 13 – корпус; а, б, в – вікна

На рис. 8.6 дана принципова схема пневмоударника РП-130. Він складається з чотирьох основних вузлів: I – повітророзподільний пристрій, в який входять перекидний (що коливається) клапан 2 із стрижнем 3, трубка клапана 5, корпус клапана 4; II – поршнева група, що включає циліндр 6, поршень 7, втулку нижню 8; III – деталі, які передають ударне навантаження: хвостовик 9, втулка шліцьова 10 і нижній перехідник 12; IV – корпус і шліцьове рознімання включають верхній перехідник 1, корпус 13 і шліцьову муфту 11.

У початковому положенні лівий отвір під клапаном 2 відкритий, правий – закритий. Поршень (бойок) 7 знаходиться в нижньому положенні, спираючись на хвостовик 9, а його центральний канал перекритий. Стиснуте повітря проходить в трубку 5 і через бічний канал поршня – в нижню камеру під поршнем. Під тиском повітря поршень рухається вгору і перекриває вікна а. Рух продовжується доти, доки не відкриються нижні вікна б, після чого тиск під поршнем різко падає.

Рухаючись по інерції поршень стискає повітря у верхній камері. Намагаючись вийти через канал в корпусі клапана 4, стиснене повітря піднімає праву частину клапана 2, перекидаючи його, причому ліва частина клапана закриває свій канал. Повітря через канал у корпусі клапана поступає у верхню камеру. Починається робочий хід поршня. Рухаючись униз, поршень витісняє повітря з нижньої порожнини через вікна б.

У кінці ходу поршень перекриває вікна б, відкриває вікна а і, рухаючись по інерції, завдає удару по хвостовику 9. Енергія удару передається на колонковий снаряд і коронку. В процесі руху повітря, що по інерції залишилося в нижній порожнині, стискається і, діючи через центральний канал і трубку 5, перекидає клапан 2 та відкриває лівий канал. Цикл повторюється.

При бурінні розвідувальними пневмоударниками загальна витрата повітря складає 5–12 м/хв. Буріння на корінних родовищах ведеться спеціальними коронками КП, КДП і долотами КПС діаметрами 132, 113 і 96 мм. На розсипних родовищах використовуються коронки діаметрами 161, 184 і 216 мм.

Буріння із використанням пневмоударників обмежене умовами, де можливе застосування буріння з очищенням свердловин від шламу продуванням. Поверхнєве устаткування таке саме, як при обертальному бурінні з продуванням.

Технічна характеристика пневмоударників наведена в табл. 8.7 і 8.8.

Таблиця 8.7

Технічна характеристика пневмоударників типу ПН

Параметри	Марка пневмоударника			
	ПН-76	ПН-93	ПН-112	ПН-132
Номінальний перепад тиску, МПа, при тиску повітря 0,7 МПа/2,5 МПа	0,6/1,2	0,6/0,9	0,6/0,9	0,6/0,9
Ударна потужність, кВт, при перепаді тиску 0,6 МПа/0,9 МПа	1,8/3,4	2,2/3,3	3,0/4,4	5,6/8,4
Частота ударів, не менше, Гц, при перепаді тиску 0,6 МПа/0,9 МПа	22,5/25	18,3/19,8	17,6/19,5	17,6/19,1
Повний ресурс, м, в породах VI–VIII/IX/X–XII категорій за буримістю	1900/1000/500			
Маса, кг	21	35	53	75

Таблиця 8.8

Технічна характеристика пневмоударників типу РП

Тип пневмоударника	РП-130 (РП-130М)	РП-111	РП-94
Діаметр, мм: породоруйнівного інструменту корпусу	152–132 130	113 111	96 94
Довжина, мм	1043	982	958
Маса, кг	62	46	36
Глибина буріння, м (тиск повітря в мережі 0,6–0,7 МПа): у сухих породах в обводнених породах	250–300 100–150	250–300 100–150	250–300 100–150
Енергія одиничного удару, Дж	250–300	140–160	90–100
Кількість ударів за 1 хв	900–1100	1500–1800	1500–1800
Витрата повітря, м ³ /хв, у тому числі на роботу ударного вузла	10–12 6,5–7,5	7–9 4–4,5	5–6 3–3,5
Номінальний перепад тиску в пневмоударнику, МПа	0,4	0,4	0,4

8.9. Буріння з одночасним обсадженням стовбура свердловини

До 90 % поверхні суші на Землі покрито пухкими незцементованими відкладами, такими як ґрунт, глина, мул, пісок, гравій, валуни тощо, з товщиною шару від декількох сантиметрів до сотень метрів. Буріння таких шарів часто є проблематичним через обвали та обсіпання стінок свердловини. Це робить важким витягання бурильної колони і спуск обсадних труб після того, як свердловина пробурена. Інші проблеми викликані кавернами, прихованими пустотами або пористим ґрунтом, які порушують циркуляцію промивальної рідини і перешкоджають винесенню бурового шламу зі свердловини.

Фірмою Atlas Copco розроблена технологія, яка дозволяє бурити й одночасно обсаджувати свердловини (метод ODEX). Можуть використовуватися діаметри обсадних колон від 89 (ODEX 76) до 273 мм (ODEX 240).

Метод заснований на використанні напрямного долота й ексцентрикового розширювача, які спільно бурять свердловину діаметром дещо більшим, ніж діаметр обсадних труб. Це дозволяє обсадним трубам просуватись за напрямним долотом вниз у свердловину (рис. 8.7).

При використанні ODEX частина енергії удару передається обсадним трубам через виступ на напрямному пристрої, який у свою чергу взаємодіє із спеціальним башмаком у нижній частині обсадної колони.

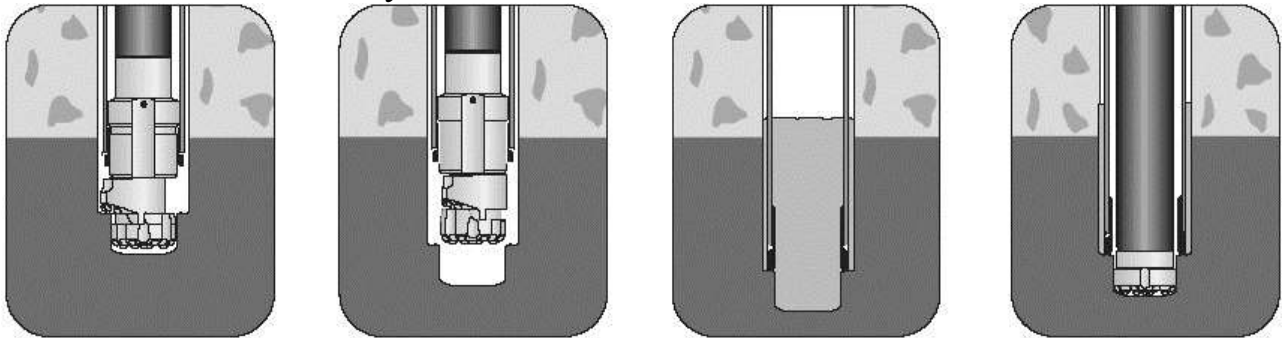


Рис. 8.7. Етапи застосування методу ODEX

На початку буріння ексцентриковий розширювач ODEX відкидається убік і розширює напрямну свердловину до ширини, достатньої для протягання обсадних труб слідом за буровою коронкою

Після досягнення необхідної глибини бурінні труби обертають у зворотний бік на 1–2 оберти, ексцентриковий розширювач закривається, зовнішній діаметр бурового снаряда зменшується і снаряд витягається через обсадну колону

Обсадні труби, які повинні залишитися в свердловині, цементуються в нижній частині за допомогою цементного розчину або іншого матеріалу, що закупорює

Буріння в корінній породі може продовжуватися з використанням будь-якого іншого породоруйнівного інструменту

ODEX 76 для виносних перфтораторів працює з ударом і обертанням, які передаються через колону бурових штанг.

В інших моделях використовують виносний перфторатор або заглибний пневмоударник. При цьому колона обсадних труб протягується слідом за долотом і розширювачем у свердловину без обертання. Для протягування обсадних труб використовується спеціальний перехідний хвостовик, щоб передати частину енергії удару від бурового долота до обсадних труб.

Напрямний пристрій має збільшені продувні отвори, що дозволяють виносити шлам по міжтрубному простору усередині обсадних труб. При потребі в стиснуте повітря може бути введена пінотворна домішка та інші полімери для збільшення ефективності продування.

Для постійного обсадження свердловин (без подальшого витягання) зазвичай використовуються сталеві обсадні труби стандартних розмірів. Вони зварюються разом і залишаються в ґрунті після того, як свердловина завершена (ODEX W). В умовах, де обсадні труби необхідно витягувати і використовувати повторно, застосовуються труби з різьбою (ODEX T).

Окрім ексцентрикового розширювача, цією ж фірмою розроблений забурник SYMMETRIX, який використовується для буріння свердловини під будь-яким кутом закладення і на глибину більше 100 м. Забурник працює як одна високопродуктивна бурова коронка і складається з таких елементів: пілотна коронка з великими внутрішніми промивальними отворами і зовнішніми промивальними каналами; симетрична бурова коронка (розширювач) з внутрішньою байонетною муфтою; башмак для забивання обсадної труби.

Пілотна коронка кріпиться до будь-якої опори заглибного пневмоударника або різьби штока верхнього гідроперфоратора.

Принцип роботи забурника SYMMETRIX наведений далі (рис. 8.8).

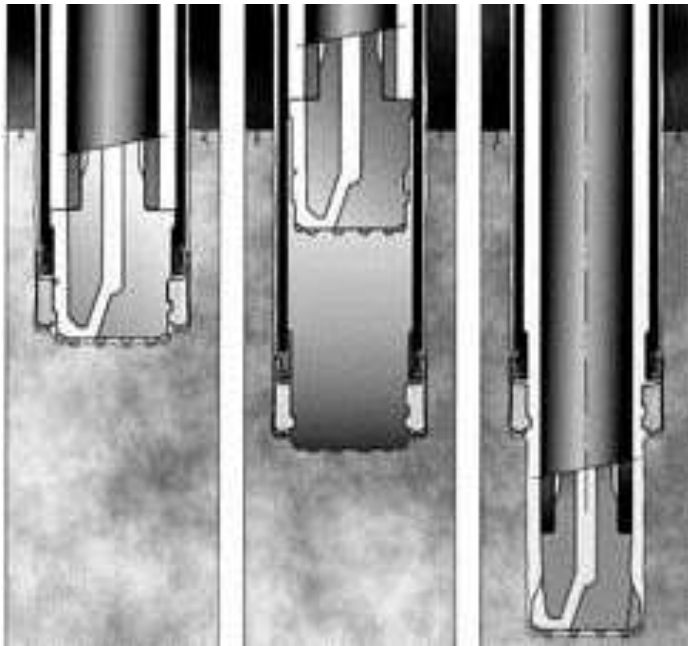


Рис. 8.8. Етапи буріння забурником SYMMETRIX

Башмак приварюється до обсадної труби. Пілотна коронка і розширювач фіксуються байонетною муфтою, за рахунок чого стає можливим буріння свердловини діаметром, достатнім для установки в ній обсадних труб. Пілотна коронка і розширювач обертаються разом з бурильною колоною, а башмак і обсадні труби ні. Після обсадження свердловини з пілотної коронки знімається блокування шляхом незначного обертання бурильної колони в зворотний бік. Бурильну колону і пілотну коронку витягають зі свердловини через обсадні труби.

Основні переваги застосування симетричного забурника такі:

- забезпечується прямолінійний стовбур свердловини без викривлень, що викликаються змінами в структурі породи;
- висока продуктивність буріння у всіх типах порід;
- буріння ведеться з малим крутним моментом;
- успішно використовується для буріння прямолінійних свердловин під будь-яким кутом закладання, від вертикального до горизонтального.

Висновок

У цьому розділі розглянуто технологію при різних видах буріння. Наведено методику визначення параметрів режиму буріння для певного виду буріння і конкретних геолого-технічних умов.

Контрольні питання

1. Дати визначення технологічних параметрів режиму буріння.
2. Технологія забурювання свердловини.
3. Визначення параметрів режиму буріння при бурінні твердосплавними коронками.
4. Визначення параметрів режиму буріння при бурінні алмазними коронками.
5. Визначення параметрів режиму буріння при безкеровому бурінні.
6. Способи відривання та утримання керна при бурінні твердосплавними коронками.
7. Склад бурового снаряда при бурінні алмазними коронками.
8. Особливості буріння тріщинуватих порід.
9. Сфера застосування буріння зі знімними керноприймачами.
10. Загальна будова ССК і КССК. Технологія буріння ССК і КССК.
11. Галузь застосування буріння з гідротранспортом керна.
12. Обладнання та інструмент для буріння з гідротранспортом керна.
13. Характеристика ударно-обертального та обертально-ударного буріння.
14. Принцип буріння з одночасним обсадженням стовбура свердловини.