

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**Національний технічний університет  
«Дніпровська політехніка»**

**КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ**

з дисципліни

**«Буріння свердловин при інженерно-геологічних дослідженнях»**  
для студентів базового напрямку  
підготовки 184 Гірництво

Затверджено  
на засіданні кафедри  
техніки розвідки РКК  
Протокол № 7  
від 27.09.2018 р.

Дніпро  
2018

Конспект лекцій з дисципліни "Буріння свердловин при інженерних дослідженнях" для студентів напряму підготовки 184 Гірництво/ Укл. А.К.Судаков - Дніпро: НТУ «ДП», 2018, - 104 с.

**Укладач**

Судаков А.К., д-р. техн. наук, проф.

**Відповідальний за випуск**

Давиденко О.М., д-р. техн. наук, проф.

**Рецензент**

Васільєв Л.М., д-р. техн. наук, проф.

## Розділ 1 ІНЖЕНЕРНА ГЕОЛОГІЯ

Інженерна геологія вивчає широкий круг геологічних питань, пов'язаних з оцінкою природних умов будівництва різних споруд, виробництва гірських робіт при розвідці і розробці родовищ корисних копалини і з прогнозом тих явищ, які можуть виникнути під впливом споруд і гірських робіт. Основним практичним завданням інженерної геології є, вивчення і оцінка інженерно-геологічних умов району будівництва, прогноз їх можливих змін при інженерній діяльності людини і розробка заходів, що забезпечують сприятливі умови для будівництва і експлуатації інженерних споруд.

### ГЛАВА 1 ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ГІРСЬКИХ ПОРІД

Об'єктом вивчення інженерної геології є ґрунти - ґрунти і гірські породи, що вивчаються як підстави фундаментів різних інженерних споруд, як середовище, в якому будуються канали, котловани, тунелі, кар'єри, виїмки і інші споруди, і як будівельний матеріал для зведення насипів, гребель, гребель і інших інженерних об'єктів. Основними завданнями усіх виконуваних досліджень є вивчення і оцінка інженерно-геологічних властивостей гірських порід (фізичних, механічних, водних, колоїдно-хімічних та ін.), тобто тих властивостей, які визначають поведінку гірських порід при використанні їх як об'єкти інженерно-будівельної діяльності. В окремих випадках для будівництва і експлуатації інженерних споруд може потрібно штучне поліпшення інженерно-геологічних властивостей ґрунтів (інженерна меліорація).

#### 1.1 Інженерно-геологічні класифікації гірських порід

Існує декілька загальних класифікацій ґрунтів. Найбільш поширена загальна інженерно-геологічна класифікація. Згідно цієї класифікації усі гірські породи і ґрунти розділені по жорсткості (міцності) зв'язків між їх мінеральними частками на два великі класи: породи з жорсткими зв'язками і породи без жорстких зв'язків. Показниками для інженерно-геологічної оцінки порід з жорсткими кристалічними зв'язками являються механічна міцність, фортеця і стійкість, а для порід без жорстких зв'язків - міра їх стисливості, консистенція, фільтраційні властивості і опір зрушенню. У середині кожного класу за генетичною ознакою виділені групи, по петрографічному - підгрупи, за іншими ознаками - типи, підтипи, види і різновиди, що характеризуються відповідними інженерно-геологічними показниками.

У клас порід з жорсткими зв'язками входять породи тверді, міцні, або, як їх прийнято називати скельні і напівскельні. Під дією зовнішніх навантажень від інженерних споруд вони поведуться як тверді, пружні, практично нестискувані тіла. Порушені між мінеральними частками жорсткі зв'язки не відновлюються. При вивченні порід з жорсткими зв'язками важливо оцінити міру, в якій вони піддавалися вивітрюванню, трещиноватість, морозостійкість і фільтраційні властивості, що значною мірою визначає їх інженерно-будівельні властивості і надійність як ґрунтів. Клас порід з жорсткими зв'язками включає групи магматичних (інтрузивних і ефузивних), метаморфічних (гнейси, сланці,

кварцити та ін.) і осадових зцементованих гірських порід (конгломерати, туфи, брекчии, вапняки, піщаники, мергелі" аргиллити та ін.).

Клас порід без жорстких зв'язків об'єднує декілька груп порід і ґрунтів із складними за своєю природою зв'язками між мінеральними частками (м'які, пластичні, зв'язні породи) або з повною відсутністю зв'язків (сипкі породи). Для порід цього класу характерна велика мінливість властивостей залежно від їх складу, вологості, щільності і нарушенности природного складання. До них відносяться групи осадових незцементованих порід (глинисті, піщані і крупнообломочні відкладення), ґрунти (тундрові, болотисті, підзолисті, чорноземні та ін.) і штучні ґрунти (культурні шари, насипні, наносні і штучно змінені ґрунти).

Важливою особливістю порід цього класу є те, що вони є трифазною системою, що включає речовини в твердій фазі (мінеральні частки і зерна порід), рідкій (порові розчини і підземні води) і газоподібній (гази і повітря), від співвідношення яких можуть залежати інженерно-геологічні властивості порід. Речовини в рідкій і газоподібній фазах заповнюють порові проміжки і порожнечі між мінеральними частками порід і можуть змінюватися, викликаючи зміну властивостей порід, особливо глинистих і пилеватих. На інженерно-геологічні ж властивості незцементованих уламкових порід (піщаних, гравелистих, галечникових) значно більше впливають розміри і склад уламкового матеріалу і заповнювача, щільність природного складання і інші показники.

Окрім розглянутої вище загальної інженерно-геологічної класифікації гірських порід широко застосовують різні спеціальні, галузеві і регіональні класифікації, певною мірою доповнюючі і розвиваючі загальну класифікацію. Зокрема, в спеціальних класифікаціях ґрунти підрозділяються по якому-небудь одній ознаці: гранулометричному складу, щільності, пластичності, водопроникності, міри стисливості і ін. У галузевих класифікаціях підрозділ порід виробляється стосовно рішення окремих спеціальних завдань (наприклад, для гідротехнічного, дорожнього або меліоративного будівництва, гірської і геологорозвідувальної справи і т. д.). Прикладами спеціальних класифікацій є класифікація гірських порід за коефіцієнтом фортеці (по М. М. Протодьяконову), за фільтраційними властивостями, по розрабативаємості та ін. Регіональні класифікації застосовують для типізації порід якого-небудь певного регіону; вони засновані на вікових і генетичних підрозділах ґрунтів і їх місцевих особливостях.

В основному інженерно-геологічні властивості гірських порід як ґрунтів залежать від їх складу і фізико-механичні властивостей, основні показники яких розглянуті нижче.

## 1.2 Фізичні властивості гірських порід

Фізичні властивості гірських порід формуються під впливом складної сукупності геологічних процесів (петрогенеза), що включає утворення гірських порід (стосовно осадових порід - осадконакопичення) і усі процеси подальшої

їх зміни і перетворення, : метаморфізм, діагенез, вивітрювання, фізико-хімічні зміни і т. д.

Основними показниками фізичних властивостей гірських порід є гранулометричний склад, щільність і об'ємна маса, вологість і пористість, пластичність і консистенція, клейкість, набрякання і усадка, размокаемость і морозостійкість.

Гранулометричний склад. Він є найважливішим чинником, що визначає багато інженерно-геологічних властивостей порід без жорстких зв'язків. Від нього залежать такі важливі характеристики гірських порід, як пористість, пластичність, опір зрушенню, стисливість, усадка, набрякання, висота капілярного підняття, фільтраційні властивості та ін. Знання гранулометричного складу потрібне для класифікації рихлих порід, орієнтовного визначення міри їх водопроникності, можливості їх вимивання в укосах виїмок і насипів, для оцінки ґрунтів як матеріалів для приготування бетону, відсипання насипів, баластного шару, фільтраційних обсіпань і рішення інших практичних завдань. Гранулометричний склад, тобто відсотковий вміст в породі часток різного розміру.

На використанні даних гранулометричного складу заснована класифікація крупнообломочних і піщаних порід для будівельних цілей, по якій виділяються ґрунти крупнообломочніе (шебнистие, галечні, дресвяние, гравієві) і піщані (піски гравелісті, великі, середній великій, дрібні, пілеватіе).

Щільність і об'ємна маса. Щільністю ґрунту у називається відношення маси абсолютно сухого ґрунту до загального об'єму його твердої частини (чи до маси води в об'ємі твердих часток). Щільність використовується для визначення деяких розрахункових показників (пористості, об'ємної маси, коефіцієнта вологості та ін.) і являється, таким чином, непрямим розрахунковим показником. Щільність визначають зазвичай за допомогою пікнометра і аналітичних вагів або беруть з довідкових таблиць. Її середня величина для піщаних ґрунтів- 2,65, для суглинистих- 2,7, для глинистих - 2,75 г/см<sup>3</sup>.

Об'ємна маса ґрунту  $\rho_0$ - це маса одиниці об'єму ґрунту при природній його пористості і вологості. Вимірюється вона в г/см<sup>3</sup>; Об'ємна маса характеризує відносну щільність складання породи в природних умовах залягання і є величиною змінної. Максимального значення при цій пористості вона досягає, коли пори повністю заповнені водою, мінімального - коли порода суха. Оскільки більшість ґрунтів пористі, їх об'ємна маса завжди менше щільності. Об'ємна маса скельних порід із-за їх малої пористості близька за значенням до щільності. У ґрунтів без жорстких зв'язків об'ємна маса складає від 1,3 до 2,4 г/см<sup>3</sup>, максимального значення вона досягає в умовах найбільшого їх зволоження.

Об'ємна маса є прямим розрахунковим показником і використовується для визначення гірського тиску, тиску ґрунтів на підпірні стінки, розрахунку стійкості укосів виїмок, котлованів і кар'єрів, для обчислення об'ємної маси скелета ґрунту (об'ємної маси сухого ґрунту) і пористості. Визначають об'ємну

масу шляхом зважування зразків ґрунту, що відбираються за допомогою різальних кілець, і наступного парафінування. У польових умовах її можна визначати геофізичними методами.

Для вирішення різних інженерно-геологічних завдань визначають об'ємну масу ґрунту в природних умовах ( $\rho$ ), об'ємну масу скелета ґрунту ( $\rho_c$ ) і об'ємну масу ґрунту під водою  $\rho_{взв}$ . Об'ємна маса скелета ґрунту менше об'ємної маси ґрунту, що знаходиться в природних умовах, на величину маси вологи, що міститься в ній, що легко визначається зважуванням після висушування. Для глинистих ґрунтів об'ємну масу скелета ґрунту ( $\rho_c$ ) при відомих значеннях об'ємної маси вологого ґрунту ( $\rho$ ) і природній вологості  $W_e$  визначають по формулі

$$\rho_c = \frac{\rho_0}{1 + 0,01W_e}.$$

Об'ємна маса ґрунту під водою  $\rho_{взв}$  зменшується із-за впливу води, діючої на породу відповідно до закону Архімеда, що зважає. Її визначають по формулі

$$\rho_{взв} = \frac{\rho_c(\rho - 1)}{\rho}$$

де  $\rho$  - щільність ґрунту.

Значення  $\rho_{взв}$  використовують при розрахунках стійкості підстав і укосів, що знаходяться нижче за рівень ґрунтових вод.

Вологість і пористість. Разом з показником природної вологості ( $e$ , що характеризує масовий або об'ємний зміст вологи в ґрунті (в %), в інженерній геології використовують показник  $G$ , що характеризує міру заповнення пір ґрунту водою (визначається відношенням об'єму води в порах до об'єму усіх пір) і званий мірою вологості. Теоретично його величина може змінюватися від 0 (для абсолютно сухих ґрунтів) до 1 (для ґрунтів з повністю заповненими водою порами). В зоні насичення міра вологості ґрунтів складає 0,8-1,0, в зоні аерації вона значно менша. Міра вологості ґрунтів (особливо піскуватих) враховується при визначенні нормативних тисків. Величину показника міри вологості  $G$  визначають по спеціальних номограмах, а також по формулах

$$G = \frac{W_e \gamma_e}{n_j} = \frac{W_e \gamma}{\varepsilon} = \frac{W_e \varepsilon (1 - n)}{n},$$

де  $n$  - коефіцієнт пористості;  $($  - коефіцієнт приведеної пористості (в долях одиниці).

Пористість ґрунтів є їх найважливішою будівельною характеристикою, оскільки вона визначає щільність їх складання. Показники пористості використовують для обчислення об'ємної маси, коефіцієнта фільтрації, щільності складання, водоотдачі і інших розрахункових показників ґрунтів.

Пластичність ґрунтів і їх консистенція. Ці показники визначаються для глинистих ґрунтів і проявляються при їх зволоженні. Пластичністю називають здатність порід змінювати свою форму- деформуватися без розриву (без утворення тріщин) під впливом зовнішньої дії і зберігати набутої форми після припинення цієї дії. Пластичність глинистих і деяких інших порід (лессов, глинистих мергелів і крейди) залежить від їх вологості, гранулометричного і

мінерального складу, форми мінеральних часток, хімічного складу порових вод, складу обмінних катіонів і інших чинників. Кількісною характеристикою пластичності порід в інженерно-геологічній практиці є межі пластичності : нижня межа пластичності (чи межа розкочування) і верхня межа пластичності (чи межа плинності).

Під нижньою межею пластичності розуміють вологість породи  $W_p$  (у %), при якій вона переходить з твердого стану в пластичний. Зазвичай цю межу встановлюють як вологість породи, при якій її можна розкотити в джгутики завтовшки 3 мм.

Верхня межа пластичності - це вологість породи  $W_t$  (у %), при якій вона переходить з пластичного стану в текучий. Різниця між верхнім і нижнім межами пластичності ( $W_p = W_t - W_p$ ), відповідна інтервалу вологості, в якому порода знаходиться в пластичному стані, називається числом пластичності. За значенням числа пластичності глинисті ґрунти підрозділяються на супіски (при  $W_p < 7$ ), суглинки ( $7 < W_p < 17$ ) і глини ( $W_p > 17$ ).

Під консистенцією розуміється міра рухливості часток, що складають глинисту породу, під впливом зовнішньої механічної дії при різній вологості. Кількісно консистенція характеризується показником консистенції  $B$ , яким враховується міра наближення природної вологості породи  $W_e$ , що вивчається, до нижньої або верхньої межі пластичності. Для визначення  $U$  використовують формули

$$B = \frac{W_e - W_p}{W_p} \text{ или } B = \frac{W_t - W_e}{W_p} .$$

Залежно від значення показника консистенції  $B$  глинисті ґрунти класифікують по їх консистенції.

Клейкість (прилипаемость). Цим показником характеризується здатність ґрунтів при певній вологості прилипати до робочих органів землерийних і інших механізмів. Проявляється клейкість при вологості вище за нижню межу пластичності. Кількісною її характеристикою є максимальне зусилля (у Па), необхідне для відриву металевої пластинки від ґрунту при різній його вологості. Визначають клейкість в лабораторних умовах.

Прояв клейкості обумовлений дією тих же чинників, що і пластичності. Максимальну клейкість мають натрий-монт-мориллонитові глини. Визначення клейкості має істотне значення при будівництві доріг, аеродромів і ін.; її облік потрібний також при проектуванні і розробці землерийних механізмів.

Набрякання і усадка. Глинисті породи при зволоженні збільшуються в об'ємі - набрякають, а при зменшенні вологості їх об'єм зменшується - происходит усадка. Причиною набрякання є збільшення товщини плівок фізично пов'язаної води. Об'єм мінеральних частинок в ґрунті, що набрякає, залишається незмінним, а збільшення об'єму ґрунту викликається збільшенням пір, що повністю заповнюються водою; тому вологість ґрунтів, що набрякають, зростає. Оскільки плівки, що товщають навколо мінеральних частинок,

знижують сили зчеплення між частинками, міцність набряклих ґрунтів значно зменшується.

Усадка викликається процесами, зворотними набряканню. При зменшенні вологості тонкі плівки не перешкоджають прояву сил зчеплення між мінеральними частинками ґрунту, відбувається зближення частинок і об'єм ґрунту скорочується.

Набрякання і усадка ґрунтів можуть призводити до деформацій підстав інженерних споруд, а також укосів виїмок, котлованів, каналів і ін. Тому при проектуванні інженерних споруд слід вивчати і враховувати здатність ґрунтів до набрякання і усадки. Кількісно величина набрякання виражається тиском набрякання, вологістю набрякання або збільшенням об'єму зразка породи. Усадка характеризується зменшенням об'єму або довжини усихаючого зразка (об'ємна і лінійна усадка) або вологістю на межі усадки. Під вологістю на межі усадки розуміється та вологість, після досягнення якої при подальшому висиханні зразка (тобто зменшенні його вологості) об'єм зразка залишається незмінним.

Размокаемость. Під размокаемостью розуміється здатність глинистих ґрунтів при вбиранні води втрачати зв'язність і перетворюватися на рихлу безформну масу, повністю позбавлену здатності, що несе. Основна причина размокания - образование - біля мінеральних частинок ґрунту гранично товстих плівок, що усувають внутрішні структурні зв'язки, - коагуляційні і нестійкі цементиції. Порушенню природного складання порід значно сприяє розмокання. Інтенсивність розмокання глинистих порід у воді залежить від їх складу, початкової вологості, наявності зв'язків цементицій і їх водостійкості, міри виветрелости, порушення природної структури искусственными чинниками. Знати міру размокаемости важливо при оцінці стійкості берегів водосховищ, укосів каналів, стінок котлованів і інших земляних споруд.

Показниками размокаемости є швидкість розмокання, тобто час, протягом якого зразок ґрунту, поміщений у воду, розпадається, і характер розпаду (великі або дрібні грудочки, пил і тому подібне). Размокаемость визначають на зразках з непорушеною і порушеною структурою (залежно від того, в якому стані ґрунт взаємодіятиме з водою).

Морозостійкість. Морозостійкість - це здатність вологої гірської породи протистояти руйнівній дії води, що замерзає в її порах і тріщинах. Напруга, що виникає при цьому в породі, може досягати  $1,96 \cdot 10^{10}$  Па. Морозостійкість залежить від міцності порід, величини і характеру пористості і тріщиноватості, міри насичення пір водою і від швидкості промерзання. Морозостійкість порід визначають шляхом поперемінного заморожування зразків в холодильній камері при температурі від - 15 до - 40°С, відтавання їх у воді, що має кімнатну температуру, і визначення тимчасового опору стискуванню до і після заморожування. Число циклів випробувань від 25 до 200 і більше, залежно від типу і важливості споруд, для яких намічається використовувати породу. Міру морозостійкості оцінюють числом циклів випробувань, які витримала гірська порода без помітних ознак руйнування і втрати міцності від заморожування.



### 1.3 Механічні властивості гірських порід

Під механічними властивостями розуміють здатність гірських порід чинити опір зовнішнім механічним діям. Від механічних властивостей порід залежать їх деформованість і міцність під дією зовнішніх навантажень, а отже, поведінка в основі споруд, в укосах виїмок, кар'єрів, котлованів, в підземних виробленнях і ін. Механічні властивості ґрунтів обумовлені сукупністю їх фізичних властивостей і діючих фізико-геологічних процесів і повинні вивчатися з урахуванням їх комплексного впливу.

Механічні властивості рихлих гірських порід. У будівельній практиці вони мають найбільше значення, оскільки ці породи поширені майже повсюдно. Для рихлих відкладень визначають головним чином їх стисливість і опір зрушенню.

Опір ґрунтів стискуванню. Міра стисливості і ущільнення ґрунтів залежить від їх гранулометричного складу, структури, вологості, мінералогічного складу, фільтраційних властивостей, характеру діючого навантаження, порушеності природного складання і інших чинників. Міра стисливості піщаних і глинистих ґрунтів неоднакова. Стисливість піщаних порід визначається взаємним переміщенням окремих зерен один відносно одного, компактністю їх укладання, а при великих навантаженнях-и мірою роздроблення окремих зерен. Вона зазвичай невелика по розмірах, відбувається швидко і не залежить від вологості. Опір взаємному переміщенню мінеральних частинок в раздельнозернистих ґрунтах (пісок, гравій, щебінок і ін.) чинять переважно сили тертя, що проявляються по поверхні ковзання. При дії на такі ґрунти динамічних знакозмінних навантажень ущільнення їх може бути значнішим і протікати повільніше.

Найважливішим показником механічних властивостей ґрунтів, що отримується при компресійних випробуваннях, є коефіцієнт ущільнення, або коефіцієнт компресії, що характеризує зміну пористості, а тим самим і об'єму породи, при зміні навантаження. Для тисків, що зазвичай зустрічаються в будівельній практиці,  $9,8 \cdot 10^4 \dots 4,9 \cdot 10^5$  Па коефіцієнт ущільнення а визначають орієнтовно по формулі

$$a = \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{P_2 - P_1} \frac{1}{\rho_a},$$

де  $P_1$ ,  $P_2$  і  $\varepsilon_1$ ,  $\varepsilon_2$ -навантаження і відповідні ним коефіцієнти приведенної пористості, що приймаються за результатами досвіду.

ґрунти являються сильносжимаемими при  $a > 1,02 \cdot 10^{-6}$  1/Па, среднесжимаемими при  $1,02 \cdot 10^{-7}$  і слабосжимаемими при  $a < 1,02 \cdot 10^{-7}$  1/Па.

За результатами компресійних випробувань встановлюють також модуль загальної деформації  $E_0$ , величину якого визначають орієнтовно по співвідношенню  $E_0 = 1/a$  або точніше по формулі

$$E_0 = \frac{(1-\mu)(1+2\mu)}{1+\mu} \cdot \frac{1+\varepsilon_0}{a}$$

де  $\mu$  - коефіцієнт бічного тиску (для пісків рівний 0,4- 0,42, для глин 0,7- 0,75) (про  $\varepsilon_0$  - початковий коефіцієнт приведеної пористості;  $a$  - коефіцієнт ущільнення).

Коефіцієнт ущільнення і особливо модуль загальної деформації є найважливішими розрахунковими показниками, що входять у формули для розрахунку опади проєктованих споруд.

Опір ґрунтів зрушенню. Вивчення опору ґрунтів зрушуючим зусиллям має велике практичне значення для визначення здатності ґрунтів підстав, що несе, оцінки стійкості укосів, розрахунку тиску гірських порід на крепь підземних вироблень і на підпірні споруди і для інших інженерних розрахунків. Опір зрушенню раздельнозернистих ґрунтів визначається опором тертю твердих мінеральних часток по поверхні ковзання. Зв'язним ґрунтам властиві переважно внутрішні структурні зв'язки між мінеральними частинами-коагуляционное, конденсаційне і частково кристалізаційне зчеплення, що обумовлюють їх міцність.

Прийнято вважати, що опір усіх різновидів рихлих ґрунтів зрушенню обумовлюється і тертям і зчепленням, тільки залежно від складу ґрунтів і їх фізичних властивостей може переважати або те або інше.

Найбільш часто вживаними способами визначення показників опору ґрунту зрушенню є наступні: визначення опору зрушенню по одній або двох задалегідь фіксованих в сдвигових приладах площинах; визначення опору зрушенню шляхом розчавлювання зразків при одновісному і тривісному стискуванні; визначення опору зрушенню по куту природного укосу. У практиці лабораторних досліджень найчастіше використовують перший спосіб (рис. 4).

Результати випробувань опору ґрунтів зрушенню виражають у вигляді графіка, на осі абсцис якого відкладають значення навантаження, на осі ординат - відповідні їм зрушуючі зусилля (рис. 5). Математично опір ґрунтів зрушенню виражається рівнянням К. Кулона :  $\tau = (f + C) \sigma$ , де  $\tau$  - сопроотивление зрушенню, Па;  $\sigma$  - нормальное тиск, Па;  $f$  - коефіцієнт внутрішнього тертя, рівний  $\tan \alpha$  (де  $\alpha$  - угол внутрішнього тертя).

Це рівняння показує, що сумарно опір зрушенню рівно нормальному тиску, помноженому на коефіцієнт внутрішнього тертя, плюс деяка постійна  $C$ , яка свідчить, що навіть за відсутності нормального тиску необхідно докласти якесь зрушуюче зусилля (для досягнення зрушення. Силу  $C$ , що чинить опір зрушенню за відсутності зовнішнього навантаження, називають зчепленням. Коефіцієнт внутрішнього тертя  $f$  і зчеплення  $C$  є найважливішими показниками міцності, і точне визначення їх - одне з основних завдань при інженерно-геологічних дослідженнях.

У незв'язкових раздельнозернистих ґрунтах сили зчеплення  $C$  нікчемні, і їх можна приймати рівними нулю. Тому залежність опору таких ґрунтів зрушенню визначається лише коефіцієнтом внутрішнього тертя, і

прямолінійний графік ( $=f$  проходить через початок координат (см. рис. 5). В чистих сипких породах кут внутрішнього тертя ( $^{\circ}$  дуже близький куту природного їх укосу, тобто куту, який утворює вільно насипаний піщаний ґрунт з горизонтальною поверхнею. Кут природного укосу ґрунтів визначають при повітряносухому їх стані і під водою спеціальними приладами. Вологість дещо знижує опір раздельнозернистих ґрунтів, особливо за наявності в них глинистій фракції.

У зв'язних глинистих породах опір зрушенню залежить від зчеплення і коефіцієнта внутрішнього тертя. Графік залежності ( $=f()$  відсікає на осі ординат відрізок, рівний за величиною зчепленню  $Z$  (см. рис. 5). Зволоження глинистих ґрунтів істотно знижує внутрішнє тертя між частками і зменшує сили зчеплення.

Механічні властивості порід з жорсткими зв'язками. При вивченні порід з жорсткими зв'язками (скельних і напівскельних) оцінюються їх деформаційні властивості (модуль пружності  $E$  і модуль загальної деформації  $E_0$ ) і міцність.

Деформації скельних і напівскельних порід пов'язані з руйнуванням кристалів мінералів і розривом структурних зв'язків. У породах тріщинуватих, таких, що піддалися вивітрюванню, деформації відбуваються в основному по ослаблених зонах-тріщинах, площинах розшарування, порожнечам і тому подібне. Під дією навантажень від інженерних споруд скельні і напівскельні породи поведуться як тверді, пружні, практично нестискувані тіла. Їх висока міцність обумовлена значними за величиною силами зчеплення між окремими мінералами, що складають породу, і зернами.

Розрізняють механічну міцність скельних і напівскельних порід на стискування, на зрушення (сколювання), на розтягування (розривши) і на вигин. Найбільше значення в інженерній практиці має міцність порід на стискування, що характеризується тимчасовим опором породи на стискування. Цей опір представляє собою граничне навантаження, при якому зразок породи руйнується. Міцність порід залежить від мінерального складу, текстури, структури, характеру зв'язку між зернами породи і міри її вивітрювання. Зазвичай міцність скельних і напівскельних порід на стискування дуже велика, тому вони є надійними підставами для інженерних споруд.

Міцність деяких осадових порід (мергелів, аргилітів, піщаників з глинистим цементом та ін.) зменшується при їх зволоженні. Міру зменшення тимчасового опору порід стискуванню при їх зволоженні називають размягчаемостью. При вивченні скельних порід як облицювального матеріалу, окрім їх размягчаемости, слід визначати і враховувати їх морозостійкість.

У скельних і напівскельних порід міцність на зрушення (сколювання), розтягування (розривши) і вигин значно менше їх міцності на стискування. Можна вважати, що міцність цих порід на зрушення складає 6...8%, на розтягування - 3...5% і на вигин – 7...15% їх міцності на стискування. Міцність порід збільшується при двосторонньому і багатосторонньому їх стискуванні, що необхідно враховувати при проведенні досліджень.

У тому випадку, якщо в природних умовах гірські породи не мають необхідної міцності, стійкості, водостійкості або інших якостей, що забезпечують раціональну конструкцію споруди і його нормальну експлуатацію, виникає необхідність в штучній зміні (поліпшенні) їх інженерно-геологічних властивостей.

#### 1.4 Штучна зміна інженерно-геологічних властивостей гірських порід

Різні способи штучної зміни властивостей гірських порід називають технічною меліорацією. Сучасні способи технічної меліорації дозволяють надавати зв'язність сипким породам, монолітність скельним породам, розбитим численними тріщинами; збільшувати міцне глинистих і піщаних, рихлих порід; зменшувати пилюватість глинистих порід на дорогах; знижувати водопроникність, підвищувати механічну міцність різноманітних порід; підвищувати морозостійкість порід, стійкість проти агресивних підземних вод; підвищувати щільність рихлих порід; змінювати консистенцію глинистих порід; забезпечувати організацію будівельних робіт та ін.

Вибір способу зміни властивостей породи залежить від її типу, гідрогеологічних умов, типу споруди і характеру його взаємодії з породою, а також від економічних міркувань.

Усі способи зміни властивостей порід можна розділити на дві групи. До першої групи відносяться способи, які забезпечують корінну зміну властивостей гірських порід на тривалий термін. Це цементация, силікатизация, бітумізація, глінізація, термічна обробка, внесення різних добавок для зміцнення порід при дорожньому будівництві. Друга група об'єднує способи, за допомогою яких властивості порід змінюють на короткий час, в основному на період виробництва будівельних робіт (заморожування і осушення).

Технічну меліорацію застосовують для поліпшення інженерно-геологічних властивостей порід з жорсткими зв'язками і без жорстких зв'язків. Для порід з жорсткими зв'язками-это зменшення їх тріщиноватості, водопроникності і підвищення водостійкості і морозостійкості. Цілі меліорації порід без жорстких зв'язків - поліпшення їх стійкості, що несе здібності і монолітності, зменшення водопроникності, обводнює і т. д. Нижче коротко охарактеризовані основні способи технічної меліорації гірських порід.

Цементация. Цей спосіб застосовують в основному для меліорації тріщинуватих і кавернозних скельних порід і піщано-гравелистих ґрунтів з коефіцієнтом фільтрації від 2 до 500 м<sup>3</sup>/доб. Для цементации розроблена рецептура цементно-піщаних, глинисто-силікатних і алюмосилікатних тампонажних розчинів. Цементацию ведуть шляхом нагнітання тампонажних розчинів в ґрунт через ін'єктори, змонтовані в пробурених свердловинах.

Завдяки цементации істотно зменшується водопроникність порід, основі споруд надається достатня механічна міцність, зменшується небезпека механічної і хімічної суфозії, досягається міцне водонепроникне сполучення подошви фундаменту споруди з ґрунтовою основою. Цементацию широко застосовують при будівництві гідротехнічних споруд-гребель, шлюзів, будівель

ГЭС і тому подібне, при проходці стволів шахт, будівництві підземних споруд і інших об'єктів.

Глінізація. У тих випадках, коли наявність великих тріщин і каверн в породі або глинистого або іншого заповнювача в тріщинах робить цементацію ненадійною і занадто дорогою, для заповнення тріщин і зменшення водопроникності порід (ущільнення порід) застосовують глінізацію. Суть її полягає в тому, що в тріщини породи через спеціальні бурові свердловини нагнітають глинистий розчин. В результаті заповнення ним тріщин і наступного осідання глинистих часток досягається повна водонепроникність породи. Щоб прискорити осідання глинистих часток в тріщинах і видалити зайву воду з рідкого глинистого розчину, до нього додають як коагулянти хлористий кальцій і вапно, а для віджимання води збільшують тиск нагнітання. При хорошій якості робіт (щільному заповненні порожнеч в породі) глінізація є довговічною і не схильна до руйнування агресивними підземними водами.

Техніка виконання робіт при глінізації майже така ж, як при цементації. Основні переваги глінізації перед цементацією - її менша вартість і можливість використовувати місцеві матеріали, а також відсутність необхідності попередня промивати тріщини і очищати їх від глинистого заповнювача.

Найкращі результати глінізація дає в безводних тріщинуватих і закарстованих вапняках з питомим водопоглинанням від 0,1 до 100 л/хв.

Смолизація аналогічна глінізації, тільки гелеутворюючою сумішшю є синтетична смола і отверджувач, що нагнітаються в ґрунти. Водний розчин гелеутворюючої суміші має малу в'язкість, що забезпечує її хороше проникнення в сухих і водонасищенні дрібнозернисті ґрунти з коефіцієнтом фільтрації від 0,02 до 5 м<sup>3</sup>/доб. Через декілька годин після нагнітання гелеутворююча суміш при взаємодії з отверджувачем перетворюється на тверднучий гель.

Смолизація надає слабким ґрунтам значну міцність, водо- і морозостійкість, водонепроникність, лесові ґрунти потім смолизації втрачають властивості просадчиків, пливуні перетворюються на монолітну міцну водостійку породу.

Бітумізація. Вона полягає в нагнітанні в піщані і тріщинуваті скельні породи розплавленого бітуму (гаряча бітумізація) або бітумної емульсії (холодна бітумізація) для зменшення їх водопроникності і збільшення міцності, створення водонепроникних завіс і гідроізоляції, запобігання суфозії, скорочення втрат води на фільтрацію і т. д.

Заморожування. Цей спосіб застосовують для надання породам тимчасової водонепроникності і міцності. Перевагою заморожування є те, що воно застосовне для будь-яких порід, недоліками - тимчасовий характер закріплення, тривалість процесу (до декількох місяців) і необхідність застосовувати громіздке устаткування.

Заморожування зводиться до наступного. Через спеціально пробурені свердловини нагнітають охолоджену рідину (розсіл), яка повинна циркулювати безперервно. В результаті навколо заморожувачих свердловин поступово

створюються ледопородні циліндри. При злитті сусідніх циліндрів створюється міцна водонепроникна стінка, під захистом якої і ведуть потім усі будівельні роботи по спорудженню підземного об'єкту. Заморожуюча установка складається з системи трубопроводів, в яких здійснюється круговий рух розсолу. Як хладоносій зазвичай застосовують розчин хлористого кальцію з температурою замерзання - 21.-55°C.

Електродренаж. При пропусканні постійного електричного струму через глинисті породи, що обводнюють, і пилуваті глинисті піски-плевуні в них виникає спрямований рух води від анода до катода, а дрібних колоїдних частинок - до анода. Це явище використовують для осушення (дренажу) ґрунтів, що мають в природних умовах слабкою водоотдачею. Такий спосіб обезводнення ґрунтів називають електродренажем. При здійсненні електродренажу свердловини, що грають роль катодів, закладають по периметру осушуваної виїмки (траншеї, котловану), а в безпосередній близькості від них (на відстані 0,5...0,8 м від контура свердловин) забивають на таку ж глибину аноди (газові труби, металеві штирі і тому подібне). При підключенні генератора вода, що поступає до катодів (свердловинам), відкачується, і масив глинистих і піщано-глинистих порід, що обводнює, ефективно осушується (рис. 55).

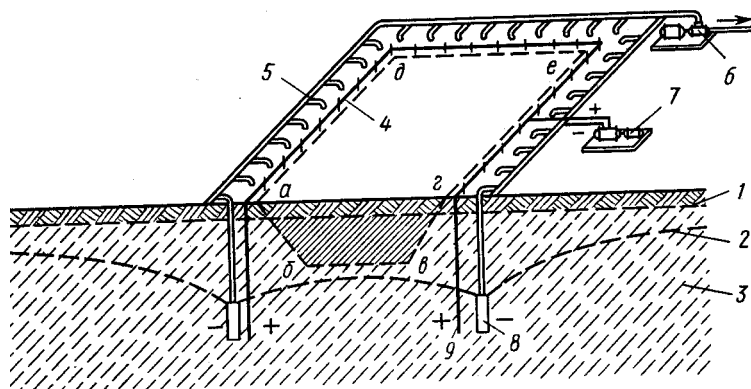


Рис. 55. Схема електродренажу :

1 - рівень ґрунтових вод до осушення; 1 - рівень ґрунтових вод, понижений електродренажем; 3 - водоносні породи; 4 - електричний ланцюг, що сполучає аноди 9; 5 - колектор, що сполучає бурові свердловини (католи) 8; 6 - насос; 7 - генератор постійного струму; а-е - контур відриваного котловану

Термічне зміцнення. Цей спосіб застосовують для меліорації лесових порід, що служать підставою для різних наземних споруд. Для усунення просадочності лесових порід в них через свердловини подають гарячу суміш і спалюють її в товщі порід. Одночасно в ґрунт нагнітають під надлишковим тиском повітря. Газоподібні продукти, що утворюються при спалюванні, нагрівають породу до 700-900°C, і через 5-6 діб безперервної дії установки навколо кожної свердловини утворюється однорідний масив кирпичеобразного виду і кольору діаметром 1,5-3 м - свого роду термосвая. Леси придбавають водостійкість, втрачають властиві їм властивості просадчиків, міцність їх значно зростає. Для зміцнення лесових і лесовидних порід просадчиків

застосовують також поверхнєве ущільнення шляхом трамбівки і ущільнення набивними піщаними палями. Обидва способи широко використовують при підготовці підстав для промислового і цивільного будівництва. При ущільненні піщаними палями в лесових породах бурять свердловини до тих, що підстилають їх непросадочних порід і стволи цих свердловин забивають піском, який поступово зволожують і ущільнюють.

При різних видах спеціального будівництва використовують і інші способи технічної меліорації гірських порід. Зокрема, при будівництві доріг і аеродромів для зміцнення верхньої частини ґрунту, ґрунтів і підстав споруд в ґрунти вносять різні гранулометричні добавки (щебінь, гравій, пісок, шлаки), органічні терпкі матеріали (бітуми, мазут, нафта), неорганічні терпкі матеріали (вапно і цемент), солі і т. д.

Слід також відмітити заходи, спрямовані на зміцнення привибійної зони водозабірних і дренажних свердловин (закачування в привибійну зону спеціальних кріпильних і цементно-піщаних сумішей, пристрій гравійних обсіпань), на підвищення її водопроникності і водобагатої (промивання, торпедування, обробка фільтрів і привибійної зони твердою вуглекислою, соляною вуглекислою і іншими реагентами, свабування і вакуумування свердловин, гідравлічний розрив пластів і ін.).

## ГЛАВА 2 ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

### 2.1 Призначення інженерно-геологічних досліджень.

Інженерно-геологічні дослідження проводяться для обґрунтування проектування і будівництва різних інженерних споруд, а також для розвідки і експлуатації родовищ корисних копалини.

В результаті проведення інженерно-геологічних досліджень мають бути отримані дані, необхідні для того, щоб обґрунтувати:

- вибір місця для розміщення проекрованої споруди;
- конструктивні особливості споруди і раціональні методи робіт при його зведенні;
- заходи для поліпшення міцності порід і запобігання шкідливій дії різних фізико-геологічних або інженерно-геологічних процесів на споруду в період його будівництва і подальшої експлуатації.

Будівництво і експлуатація великих інженерних споруд зазвичай викликають значні зміни інженерно-геологічних і гідрогеологічних умов на великих територіях. Тому в результаті досліджень необхідно також прогнозувати вплив на навколишню місцевість будівельних робіт і експлуатації споруд.

При інженерно-геологічних дослідженнях (що проводяться в комплексі з гідрогеологічними) вивчають поширення, умови залягання, походження, вік, літологічний склад і потужність гірських порід до глибини, визначуваної дією інженерної споруди; інженерно-геологічні властивості гірських порід; глибину

залягання, склад, потужність і водопроникність водоносних порід; фізичні властивості, хімічний склад підземних вод і агресивність їх до будівельних матеріалів; фізико-геологічні процеси (зсуви, карст, суфозія та ін.), а також кліматичні чинники, що впливають на розвиток цих процесів (атмосферні опади, випар).

Різні типи інженерних споруд пред'являють свої, специфічні вимоги до вивчення інженерно-геологічних умов територій. По цілях і завданнях досліджень, видам і об'ємам робіт мають свої особливості інженерно-геологічні дослідження для наступних видів будівництва : цивільного і промислового, гідротехнічного, меліоративного, автомобільних і залізних доріг, трубопроводів, ліній електроперед, та ін.

## 2.2 Склад інженерно-геологічних досліджень

Інженерно-геологічні роботи, що проводяться для різних видів будівництва на всіх стадіях досліджень, розділяються на періоди: підготовчий (передпольовий), польовий і камеральний.

У підготовчий період вивчають геологічну будову, гідрогеологічні і інженерно-геологічні умови району по архівних, фондових і літературних матеріалах, а також вирішують організаційні питання і готуються до виїзду в полі.

У польовий період проводять інженерно-геологічну зйомку, геофізичні дослідження, розвідувальні бурові роботи, статичне і динамічне зондування, гірничопрохідницькі роботи, інженерно-геологічне випробування гірських порід, досвідчені інженерно-геологічні роботи. В деяких випадках до складу польових робіт входять стаціонарні інженерно-геологічні спостереження (наприклад, за розвитком зсувів, розмивів берегів і т. д.).

У камеральний період обробляють результати польових досліджень, складають звіт і графічні додатки до нього карти, розрізи, колонки свердловин і т. д.

Інженерно-геологічна зйомка. Проводиться для вивчення інженерно-геологічних умов території, в межах якої намічається будівництво споруди.

Детальність інженерно-геологічної зйомки визначає масштабом, вибір якого залежить від її призначення, стадії проектування, складності інженерно-геологічних умов місцевості. Залежно від масштабу зйомки підрозділяються на дрібно масштабні - від 1:500000 і дрібніше, середньомасштабні - від 1:200000 до 1:25000 і крупномасштабні - від 1:10000 і більше.

Дрібномасштабні зйомки проводять на значних за площею територіях для обґрунтування перспективного планування. Частіше всего обмежуються використанням фондових і літературних матеріальний і проведенням окремих польових маршрутів для ув'язки наявних фактичних даних.

Середньомасштабні зйомки служать для обґрунтування техніко-економічної доповіді, а за простих інженерно-геологічних умов і нескладного характеру проектованих споруді для обґрунтування проектного завдання.



Великомасштабні зйомки виконують для обґрунтування проектного завдання.

При інженерно-геологічній зйомці вивчають: геологічна будова району, геоморфологічні умови, гідрогеологічні умови, фізико-геологічні явища. В процесі зйомки обстежують існуючі споруди для отримання зведенні про величину опади підстав, стійкості укосів, дорожніх виїмок, насипів, кар'єрів, мостів і ін.

Основний вид робіт при дослідження. У комплекс зйомки входять також геофізичні роботи, буріння свердловин і проходка гірських вироблень (шурфів, канав, розчищень).

Геофізичні дослідження. Вони засновані на вимірі питомого електричного опору порід (електророзвідка), магнітних властивостей порід (магніторозвідка), швидкості поширення пружних коливань в породах (сейсмозвідка), інтенсивності випромінювань радіоактивних речовин при проходженні їх через гірські породи (ядерні методи) і т. д.

Геофізичні дослідження дозволяють визначити потужність рихлих четвертинних утворень і глибину залягання корінних порід, виявити і оконтурити річкові долини (древні долини, заповнені алювіальними відкладеннями), розчленувати товщу порід на шари різного літологічного складу, виявити тектонічні порушення, карстові зони і порожнини в породах, визначити глибину залягання ґрунтових вод, напрям і швидкість руху підземних вод і т. д.

Для виміру природної вологості, об'ємної маси і щільності порід широко використовують ядерні методи.

До складу розвідувальних робіт входять буріння свердловин, зондування (пенетрація), проходка шурфів, шахт, штолень і інших гірських вироблень.

Розвідувальні бурові роботи. Вони проводяться як в процесі інженерно-геологічної зйомки, так і при детальних дослідженнях на вибраних для будівництва споруд майданчиках. Завданням розвідувальних робіт при інженерно-геологічних дослідженнях є вивчення геологічної будови досліджуваного району на ту або іншу глибину, відбір проб, випробування і випробування порід для визначення їх інженерно-геологічних властивостей, виявлення водоносних горизонтів, міри тієї, що обводнює і фільтраційних властивостей порід, вивчення хімічного складу підземних вод.

Особливістю буріння інженерно-геологічних свердловин є необхідність отримання зразків порід з непорушеною структурою і якнайповнішого уявлення про водоносних горизонтах. За призначенням інженерно-геологічні свердловини підрозділяються на картировочні (зондувальні), розвідувальні і свердловини спеціального призначення. Картировочні свердловини служать для вивчення геологічного розрізу, з них відбирають зразки порід з порушеною структурою. Розвідувальні свердловини бурять не лише для отримання геологічної документації, але і для відбору монолітів з непорушеною структурою.

При інженерно-геологічних дослідженнях застосовують наступні способи буріння : ударно-канатний і ударно-обертовий, колонковий, вібраційний, шнековий і рідше роторний.

Проходка свердловин при усіх способах буріння супроводжується ретельним оглядом, випробуванням і описом зразків піднятих порід, вимірами глибини появи і сталого рівня води.

Якщо потрібний відбір монолітів порід, то кінцевий діаметр свердловин має бути не менше 127 мм, якщо ж відбору монолітів не вимагається - не менше 75 мм. Початкові діаметри буріння визначаються заданою величиною кінцевого діаметру, а також кількістю змін діаметру по глибині свердловини при її обсаженні трубами.

Статичне і динамічне зондування. Останніми роками широкого поширення набула проходка вироблень методом статичного і динамічного зондування (пенетрації). Зондування дозволяє значно скоротити об'єми дорожчого картировочного буріння і з достатньою точністю вирішувати наступні завдання:

- детально розчленовувати геологічний розріз на шари різного літологічного складу за наявності опорних свердловин;
- визначати консистенцію глинистих порід;
- визначати відносну щільність порід, якісно оцінювати міру однорідності порід розрізу.

Статичне зондування засноване на втискуванні наконечника (конуса) в породи шляхом додатка статичного тиску. За швидкістю занурення наконечника при певному статичному навантаженні можна судити про характер прохідних порід.

Динамічне зондування полягає у вимірі опору породи при забиванні в неї молотом сталевого конуса-наконечника, що вільно падає. Наконечник діаметром до 74 мм нагвинчують на штангу діаметром 42 мм. При забиванні конуса вимірюють довжину інтервалу, на який занурюється наконечник через певне число ударів молота. Величина занурення наконечника і є умовним вимірником динамічного опору породи впровадженню в неї наконечника. Визначаючи динамічний опір різних порід по опорній свердловині, можна потім за даними динамічного зондування вивчати геологічний розріз в різних точках досліджуваної території.

Гірничопрохідницькі роботи. Ці роботи мають перевагу перед бурінням свердловин, оскільки гірські вироблення забезпечують безпосередній доступ спостерігача до гірських порід для їх огляду, випробування і відбору проб. Проте гірничопрохідницькі роботи обходяться значно дорожче за буріння свердловин.

При інженерно-геологічних дослідженнях застосовують майже усі типи гірських вироблень, відомі в геологорозвідувальній справі, кожен з них служить для вирішення тільки певних завдань.

При інженерно-геологічній зйомці для розтину відкладень, що залягають під ґрунтово-рослинним шаром, проходять закопушки-мелкие воронкоподібні

вироблення завглибшки 0,5-0,8 м. Із закопушек відбирають зразки порід для їх опису і визначення класифікаційних показників (гранулометричного складу, пластичності та ін.).

Для розтину пластів з крутим падінням проходять канали; їх прокладають перпендикулярно простяганню пластів. Глибина канал може досягати 3 м. Канави дозволяють відбирати зразки порід з не порушеною структурою і природною вологістю, робити опису, замальовки і фотографії умов залягання порід.

Шурфи-вертикальні гірські вироблення прямокутного або круглого перерізу - проходять в сухих рихлих породах до глибини 10-12 м, в окремих случаях-до 30 м. У шурфах можна виробляти опис порід, їх замальовку і фотографування, відбирати моноліти з не порушеною структурою, виконувати спеціальні досвідчені роботи.

Шахти мають те ж призначення, що і шурфи, але використовуються для досвідчених робіт більших масштабів.

Штольні - горизонтальні гірські вироблення, які проходять зазвичай на схилах річкових долин при інженерно-геологічних дослідженнях для будівництва великих гідротехнічних споруд. Штольні проходять при вивченні трещиноватости порід для оцінки втрат води з водосховища в обхід греблі, міри закарстованности порід, великих зсувних тіл і т. д.

Інженерно-геологічне випробування гірських порід. Воно є комплексом послідовних операцій за визначенням складу, стану і властивостей порід.

Випробування здійснюють шляхом відбору проб порід в гірських виробленнях, бурових свердловинах, оголеннях і потім визначення їх властивостей різними способами (лабораторними, польовими), а також шляхом визначення властивостей порід в природних умовах (наприклад, виміри кутів стійких укосів та ін.). Випробування виробляють на всіх стадіях інженерно-геологічних досліджень.

Зразки порід відбирають через певний інтервал або крок випробування. Інтервал опробования-это відстань між пробами по вертикалі (по глибині вироблення), крок - по горизонталі.

При відборі зразків гірських порід для інженерно-геологічних цілей рекомендується застосовувати три методи відбору : точковий, бороздовий і валовою.

Точковий метод полягає в тому, що з керна, стінки або дна вироблення відбирають невеликих розмірів пробу з порушеною або підлягаючою зберіганню структурою для визначення фізико-механических властивостей порід. Проба має нікчемно малий об'єм в порівнянні з масивом порід, що вивчається, і, по суті, характеризує тільки цю точку масиву. Значення показників, визначуваних по точкових пробах, можуть різко відрізнятися один від одного, тому для набуття достовірних значень показників, що характеризують увесь масив гірських порід, що вивчається, застосовують методи математичної статистики.

Бороздовий метод полягає у відборі зразка породи з порушеною структурою з борозни, на усьому її протязі витриманої по розмірах.

При валовому методі пробою служить уся витягнута з вироблення порода. По суті, до валового методу випробування відносяться також випробування порід пробними навантаженнями, зрушення великих монолітів в шурфах і шахтах і тому подібне, при яких випробуванню піддаються значні масиви гірських порід в природному їх заляганні.

Дослідні інженерно-геологічні роботи. На останніх стадіях досліджень на майданчиках, вибраних для будівництва особливо відповідальних споруд, проводять досвідчені польові інженерно-геологічні роботи для визначення деформаційних і прочностних характеристик гірських порід. Основною перевагою цих методів є можливість отримання даних, характеризуючих великі масиви гірських порід в природних умовах. Досвідчені польові роботи вимагають великих витрат засобів і часу, застосування дорогого устаткування.

## Розділ 2 БУРІННЯ ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНИХ СВЕРДЛОВИН

### Глава 1 ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНИХ СВЕРДЛОВИН ЇХ ОСОБЛИВІСТЬ

#### 2.1 Призначення і особливості бурових робіт

Завдання, що вирішуються за допомогою буріння, визначають ряд специфічних вимог до цього процесу, що пред'являються інженерними дослідженнями. Ці вимоги істотно відрізняються від пошуків і розвідки корисних копалин, вивчення і освоєння підземних вод і т. д.

Зіставляючи геологорозвідувальне і інженерно-геологічне буріння, передусім необхідно відмітити, що технічна база для них загальна. В принципі майже будь-яким буровим верстатом можна здійснювати буріння як геологорозвідувальних, так і інженерно-геологічних свердловин. В основному аналогічним є інше бурове устаткування і інструмент, виключаючи ґрунтоноси, вживані тільки при бурінні інженерно-геологічних свердловин. Маючи в розпорядженні загальну технічну базу, інженерно-геологічне і геологорозвідувальне буріння переслідують, проте, різні цілі і вирішують різні завдання. Ці відмінності зводяться до наступного.

Об'єктом інженерно-геологічного буріння є верхня частина земної кори, що знаходиться в зоні взаємодії з інженерними спорудами, для проектування яких кінець кінцем і здійснюється це буріння. Середня глибина інженерно-геологічних свердловин складає 10-15 м. При геологорозвідувальному бурінні середня глибина свердловин принаймні на порядок вище. Внаслідок цього основний об'єм інженерно-геологічного буріння здійснюється в нескельних ґрунтах, геологорозвідувального - в скельних. При геологорозвідувальному бурінні безпосереднім об'єктом вивчення являється тіло (зона) корисної копалини, потужність якої, як правило, у багато разів менше усієї протяжності свердловини. Для проходки тіла (зони) корисної копалини застосовується спеціальний режим буріння. Буріння поза вказаними межами практично не регламентується і здійснюється без відбору керна (безкернове буріння). При інженерно-геологічному бурінні спеціальний режим буріння поширюється практично на усю свердловину.

Зразки (керна), витягнуті в процесі геологорозвідувального буріння, вивчаються в основному з точки зору їх складу, при інженерно-геологічному бурінні в рівній мірі важливим є склад піднятих зразків, їх стан і властивості. Ці показники в зразках мають бути аналогічні показникам в масиві. При геологорозвідувальному бурінні вплив методу руйнування забою на зміну властивостей масиву, що примикає до свердловини, практичного значення не має. При інженерно-геологічному бурінні ця обставина має важливе значення, оскільки тут широко використовуються свердловинні методи визначення показників фізико-механічних властивостей.

Перераховані особливості пред'являють до технології буріння інженерно-геологічних свердловин додаткові вимоги. Так, наприклад, буріння насухо при геологорозвідувальному бурінні є допоміжним прийомом, використовуваним

головним чином для заклинювання керна. При інженерно-геологічному бурінні вказаний прийом набуває самостійного значення уся свердловина може бути пробурена насухо. Необхідність визначення (в результаті інженерно-геологічного буріння) показників складу, стану і властивостей масиву ґрунту визначає широке застосування ґрунтоносів для відбору монолітів, що абсолютно не характерне для геологорозвідувального буріння. Нарешті, порівняно невелика глибина, що вивчається при інженерно-геологічних дослідженнях товщі ґрунтів, робить можливим застосування тут методів зондування, які принципово не відрізняються від буріння. При геологорозвідувальних роботах ці методи практично не застосовуються.

Основними вимогами до свердловин інженерно-геологічного призначення є: 1) отримання вичерпних відомостей про геологічну і гідрогеологічну будову досліджуваного району; 2) отримання достатніх і достовірних даних про фізико-механічних властивості ґрунтів; 3) забезпечення можливості виробництва досвідчених робіт з належною якістю як в процесі, так і після закінчення буріння.

До найбільш важливих особливостей інженерно-геологічних свердловин можуть бути віднесені наступні:

- 1) невелика глибина (визначається видом проекрованої споруди і геологічними умовами);
- 2) незначна відмінність в діаметрах свердловин; діаметр свердловин визначається тільки видом і характером випробування;
- 3) зі свердловин виробляється безперервний відбір керна, при цьому повинен забезпечуватися 100 %-ний вихід керна;
- 4) зі свердловин повинен вироблятися безперервний або поінтервальний відбір зразків (монолітів) ґрунту із складанням, близьким до природного;
- 5) у свердловинах проводяться різні досвідчені роботи, які за часом бувають триваліші, ніж сам процес буріння;
- 6) після закінчення робіт в обов'язковому порядку повинен вироблятися тампонаж свердловин з метою ліквідації штучних каналів і порожнеч для циркуляції ґрунтових вод;
- 7) надзвичайна різноманітність умов буріння свердловин, розкиданість об'єктів досліджень та ін.

Ці особливості є необхідними початковими передумовами при розробці спеціалізованих технічних засобів, технологічних прийомів буріння і організації бурових робіт.

## 2.2 Типові конструкції інженерно-геологічних свердловин

У основу розробки типових конструкцій інженерно-геологічних свердловин були покладені наступні принципи:

- 1) конструкції свердловин повинні відповідати сучасному стану провадження досліджень і можливому їх технічному прогресу. Зокрема, слід враховувати ширше застосування в дослідженнях польових методів, можливе вдосконалення техніки і технології відбору монолітів за рахунок впровадження, на-

приклад, нормального ряду ґрунтоносов, ширше використання геофізичних методів, нового досвідчено-фільтраційного устаткування і т. д.;

2) конструкції свердловин повинні виходити або, принаймні, враховувати існуючі нормативно-методичні документи (стандарти, СНиПи, інструкції, вказівки і рекомендації). Відповідно до ГОСТ 12071-72 для відбору монолітів повинні використовуватися ґрунтоноси з внутрішнім діаметром не менше 90 мм. Отже, діаметр свердловин, призначених для відбору монолітів, має бути не менше 127 мм. Відповідно до ГОСТ 12374-66 площа штампку для випробувань ґрунту статичним навантаженням має дорівнювати 600 см<sup>2</sup>. Тому мінімальний діаметр свердловин для здійснення таких випробувань має бути не менше 325 мм і так далі;

3) конструкції свердловин у відомому сенсі повинні враховувати сучасне технічне оснащення досліджень буровими верстатами;

4) повинні враховувати можливість застосування найпрогресивніших способів буріння, у тому числі ударно-вібраційного, пнев-моударного, вібраційно-обертального та ін.;

5) нарешті, конструкції свердловин мають бути оптимальними, тобто вони повинні сприяти вдосконаленню процесу і технології буріння, підвищенню продуктивності праці і зниженню вартості буріння свердловин. Іншими словами, конструкції повинні сприяти підвищенню економічної ефективності бурових робіт і інженерно-геологічних досліджень в цілому.

На Рис. 2.1 представлені типові конструкції інженерно-геологічних свердловин, розроблені на основі вказаних принципів. Розглянемо ці конструкції детальніше. Всього виділено три типи свердловин. Кожен тип визначається за глибини і діаметром свердловини. Перший тип об'єднує неглибокі (до 7-10 м) свердловини, буріння яких забезпечується головним чином переносними верстатами, що перевозяться. Тут виділяються дві групи свердловин. У першій об'єднанні свердловини, стінки яких не вимагають закріплення обсадними трубами, в другій - вимагаючі закріплення початкових інтервалів. Принципової різниці між обома групами свердловин немає. Свердловини першого типу проходяться при лінійних дослідженнях, обстеженні залізничних і інших насипів, дослідженнях під нескладне сільськогосподарське і гідромеліоративне будівництво. Свердловини першого типу в цілому складають до 10-15%, від загальної кількості інженерно-геологічних свердловин.

Другий тип об'єднує свердловини середньої глибини (до 10- 30м). Буріння свердловин здійснюється буровими установками, що головним чином перевозяться і самохідними. У цьому типі виділяються три групи свердловин. У першій групі об'єднанні свердловини, що не вимагають закріплення стінок обсадними трубами, в другій - вимагаючі закріплення тільки початкових інтервалів і в третій - вимагаючі закріплення більшої частини інтервалу свердловин. Свердловини груп а, би, в також принципово не розрізняються між собою, хоча відомі відмінності в технології їх проходки є. Свердловини другого типу - основні при провадженні сучасних інженерно-геологічних досліджень в будівництві. Вони використовуються при дослідженнях під промислове і цивільне будівниц-

тво, об'єкти газової, лісової і деревообробної промисловості, нескладні енергетичні об'єкти, при сільськогосподарському і гідромеліоративному будівництві. До цього типу слід віднести практично її свердловини, діаметр яких перевищує 108 мм і з яких відбираються моноліти (навіть якщо глибина цих свердловин не перевищує 4-5 м). Свердловини другого типу складають приблизно 60-70% усіх інженерно-геологічних свердловин, з них групи а - 50%, групи б - 40%, групи в - 10%.

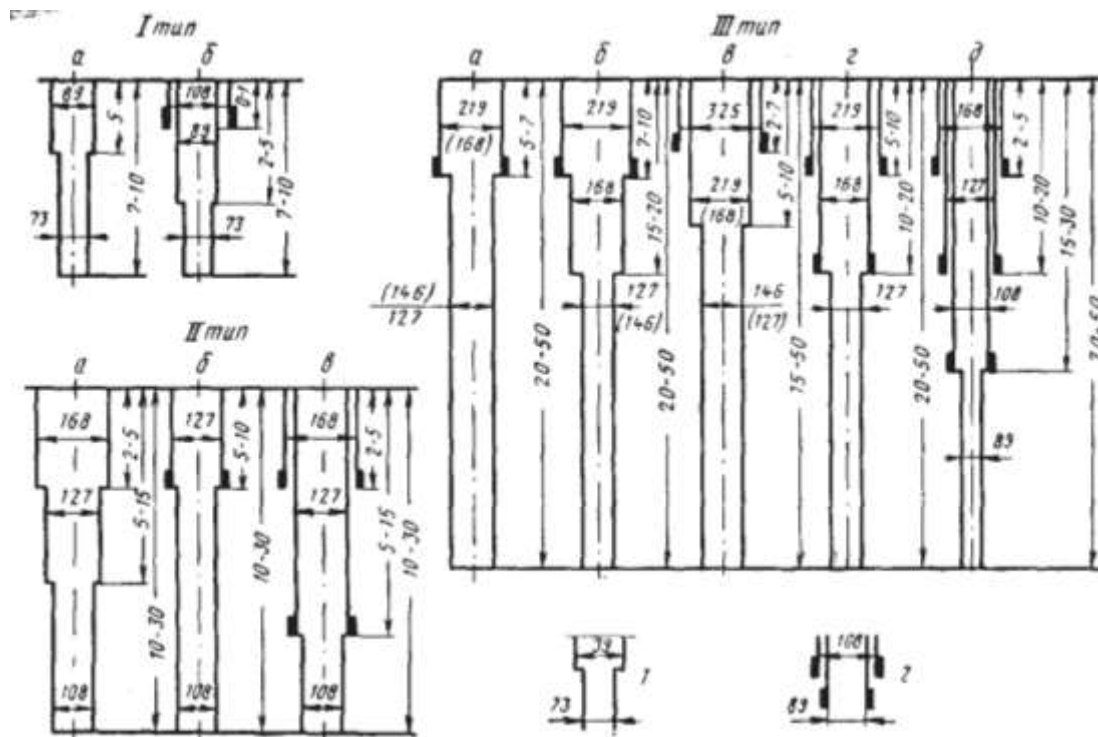


Рис. 2.1. Типові конструкції інженерно-геологічних свердловин :

1-скважини, або частини свердловин, буріння яких здійснюється без кріплення обсадними трубами; 2 - те ж, з кріпленням обсадними трубами

Третій тип включає глибокі свердловини (до 20-50 м), Основними особливостями свердловин цього типу є: 1) значніша глибина і діаметр свердловини; 2) вони проводяться в ускладнених геологічних умовах; 3) до них пред'являються особливі вимоги в частині проведення досвідчених робіт. Для буріння цих свердловин використовуються самохідні і частково стаціонарні верстати. Свердловини використовуються при гідроенергетичних дослідженнях, дослідженнях під складне промислове і цивільне будівництво, при підземному будівництві і т. д. ширше впровадження в дослідження польових методів багато в чому пов'язане з розширенням об'єму буріння свердловин цього типу.

У третьому типі виділяється п'ять груп. До групи а відносяться порівняно глибокі свердловини, прохідні в стійких ґрунтах (глинах, суглинках), до групи б-скважини, прохідні в менш стійких ґрунтах (у м'якопластичних суглинках, супісках), що вимагають закріплення верхніх інтервалів свердловини обсадними трубами; до групи у відносяться свердловини, призначені для виробництва в



них досвідчених робіт і головним чином для постановки штампових дослідів (з площею штамбу  $600 \text{ см}^2$ ). Особливістю свердловин цієї групи є великий початковий діаметр. Слід підкреслити, що у разі, якщо свердловина проходиться з початковим діаметром 325 мм і буриться на глибину 5- 7 м, ця свердловина все одно має бути віднесена до групи в, оскільки вона може бути пройдена тільки буровими установками підвищеної потужності.

До групи г віднесені порівняно глибокі інженерно-геологічні свердловини, що мають двоколонну конструкцію і прохідні в нестійких (у тому числі піщаних і крупнообломочних) ґрунтах. Нарешті, до групи д віднесені свердловини, прохідні в нестійких і слабоустойчивих ґрунтах, останні інтервали яких перетинають скельні і напівскельні ґрунти. Свердловини цієї групи проходяться в складних геологічних умовах, зокрема, за наявності верховодки і двох водоносних горизонтів, що вимагають перекриття обсадними трубами. Свердловини трьохколонних конструкцій досить рідкісні і найчастіше буряться при гідроенергетичних дослідженнях. Свердловини третього типу на дослідженнях складають приблизно 30%, з них групи а і б - 50%, групи в - 5-10%, групи г - 30%, групи д - до 5%.

Представлені типи і групи свердловин практично охоплюють більшість свердловин, прохідних нині при інженерно-геологічних дослідженнях. Типові конструкції не включають свердловини завглибшки більше 50 м. Ці свердловини по своїх параметрах мало чим відрізняються від свердловин геологорозвідвального і гидрогеологического призначення, і їх буріння повинне здійснюватися верстатами і установками, призначеними для вказаних цілей. У типові конструкції також не включені свердловини великого діаметру (більше 0,6 м). Хоча для проходки свердловин великого діаметру і використовується існуюче бурове устаткування, проте ці свердловини (у літературі вони носять назву шу-рфів-дудок або просто дудок) мають спеціалізоване призначення.

### 2.3 Класифікація бурових свердловин

Різноманіття цілей, завдань і умов буріння свердловин на дослідженнях вимагає певної систематизації бурових робіт. Остання може бути виражена у вигляді класифікації бурових свердловин. Основне завдання класифікації полягає в обґрунтованому і раціональному виділенні таких груп свердловин, які вимагають єдиних технічних способів і засобів для їх проходки і єдиних методів і засобів їх випробування. Класифікація дозволить не лише правильно вибрати необхідне устаткування для проходки свердловин певного цільового призначення в певних умовах, але і дасть можливість вести цілеспрямовану розробку нової бурової техніки, нових норм вироблення і розцінок і т.д.

На вибір конструкції свердловини, способу буріння, типу бурового верстата, інструменту і режиму проходки свердловин вирішальний вплив чинять наступні основні чинники: 1) призначення бурових свердловин; 2) проектна глибина буріння; 3) фортеця порід, їх стійкість проти обвалення стінок та ін.; 4) умови проведення бурових робіт.

Кожен з виділених чинників визначає ряд істотних елементів техніки і технології буріння і, отже, при складанні класифікації може служити класифікаційною ознакою.

### Призначення бурових свердловин

Призначення бурових свердловин визначає діаметр свердловини, вид, кількість і правила відбору зразків, склад і зміст досвідчених робіт, спосіб буріння.

По назначению свердловини можуть, бути підрозділені на Зондувальні, розвідувальні, Гідрогеологічні, спеціального призначення. Відомі і інші підрозділи інженерно-геологічних і гидрогеологических свердловин. Д. Н. Башкатов [5], наприклад, виділяє Зондувальні, розвідувальні, технічні, оглядові, спостережливі і нагнітальні свердловини. Останній підрозділ більше підходить для гидрогеологических свердловин, оскільки відбиває специфіку їх буріння і наступного використання.

Зондувальні свердловини проходяться для попереднього вивчення геологічного розрізу, для встановлення меж між нескельними і скельними грунтами, меж, поширення насипних і заторфованих ґрунтів і уточнення їх потужності, а також меж залягання мерзлих ґрунтів, для визначення рівня ґрунтових вод і т. д. свердловини Зондувальні є переважаючими на початкових стадіях (етапах) досліджень.

Призначення розвідувальних свердловин полягає в детальному вивченні геологічного розрізу. Зразок ґрунту (керна), витяганий з розвідувальних свердловин, служить для визначення особливостей геологічного розрізу : послідовності в заляганні шарів ґрунту, їх потужності і положення контакту, структурних і текстур особливостей ґрунту (шаруватість, окремість, дисперсність, тип структури, наявність примазувань, гнізд, включень, тонких слабких шарів і т. д.), щільності і консистенції ґрунту, відповідних природним умовам; вологості і водоносності ґрунту і т. д.

Різновидом розвідувальних свердловин є технічні свердловини, основне призначення яких полягає у відборі зразків ґрунту з непорушеним природним складанням (монолітів) для визначення фізико-механічних властивостей. З технічних свердловин може вироблятися безперервний, поінтервальний і поодинокий відбір монолітів. До технічних свердловин нерідко відносять усі свердловини, в яких виробляються досвідчені роботи. В цьому випадку само поняття технічної свердловини стає у край розпливчатим, оскільки однозначно не визначатиме круг прийомів і способів робіт при бурінні, який властивий тільки цій групі свердловин. У запропонованому варіанті технічна свердловина - це така, з якої відбираються моноліти, отже, буровій бригаді необхідно мати ґрунтонос, а бурова установка повинна забезпечити можливість його занурення.

Гідрогеологічні свердловини при інженерно-геологічних дослідженнях проходяться головним чином для виробництва відкачувань з метою вивчення фільтраційних властивостей ґрунтів. Гідрогеологічні свердловини можуть бути і розвідувальними. Основна відмінність їх від останніх - порівняно великий діаметр свердловин, обумовлений необхідністю установки у свердловину водопі-

діймальних засобів. Якщо при бурінні цих свердловин завдання детальної геологічної документації не ставиться, проходка може здійснюватися без безперервного відбору керна.

Для проведення спеціальних робіт у свердловинах, а також для забезпечення можливості спуску в них людини буряться свердловини спеціального призначення (наприклад, свердловини великого діаметру). До цієї групи свердловин відносяться також вироблення, характер досвідчених робіт в яких вимагає використання спеціального бурового устаткування або особливої технології для їх проходки.

Призначення різних свердловин, їх діаметри і правила відбору зразків при бурінні вказані в таблиці. 2.

Таблиця 2 Призначення інженерно-геологічних свердловин, їх діаметри і правила відбору зразків

Тип свердловин за призначенням	Діаметр * свердловини, мм	Мета відбору зразків і види робіт у свердловинах	Правила відбору зразків при бурінні
Зондувальні	33-127	Орієнтовна геологічна документація	Зразки порушеного складання відбираються через певні інтервали
Розвідувальні	108-219	Детальна геологічна документація, визначення фізико-механічних властивостей ґрунтів (по монолітах)	Безперервний відбір зразків порушеного складання, допускається відбір зразків через певні інтервали; моноліти відбираються по усьому інтервалу буріння або з певних ділянок
Гідрогеологічні	108-426	Гідрогеологічна документація, проведення досвідчених відкачувань	Зразки порушеного складання відбираються у разі потреби
Спеціального призначення	≤2000	Різні досвідчені роботи, відбір великих монолітів	Правила відбору зразків визначаються спеціальними вимогами

\* \* Тут і надалі діаметр свердловин вказаний по стандартизованому діаметру обсадних труб.

Представляє інтерес зіставлення призначення свердловин з їх типовими конструкціями. Зондувальні свердловини - це свердловини I типу. Розвідувальні свердловини можуть включати свердловини I, II і III типів, проте переважно це свердловини II і III типів. Гідрогеологічні свердловини - це свердловини, в основному III типу, проте в окремих випадках ними можуть бути і свердловини II типу. До свердловин спеціального призначення відносяться тільки свердло-

вини III типу групи б, інші спеціальні свердловини в типовій конструкції не включені.

Як видно з таблиці. 2, діаметри свердловин в основному визначаються призначенням останніх. На вибір початкового діаметру чинять вплив і прохідні гірські породи, проте цей вплив має підлеглий характер.

Розподіл об'єму бурових робіт по діаметрах свердловин представлений в таблиці. 3.

Таблиця 3 Розподіл об'єму бурових робіт по діаметрах свердловин в %

Діаметр свердловин, мм	Роки		
	1980	1985	1990
34-73	7,0	5,4	2,4
89-168	75,0	77,7	83,2
219 і більш	18,0	16,9	14,4

Представлені в таблиці. 3 дані показують, що діапазон використовуваних діаметрів свердловин при інженерно-геологічних дослідженнях поступово зужується, концентруючись навколо діаметрів 89-168 мм. Підвищений діаметр свердловин обумовлений необхідністю відбору монолітів і виробництва якісної геологічної документації.

З усіх розвідувальних свердловин технічні, тобто свердловини, з яких відбираються моноліти, складають приблизно 30%.

Для відбору монолітів в 1990 р. застосовувалися вдавлюваний, забивний, такий, що оббурює і вібраційний способи занурення ґрунтоносів. Дані про об'єми їх використання приведені в таблицю. 4.

Таблиця 4 Об'єми використання різних способів занурення ґрунтоносів в %

Способи споруди	Роки		
	1980	1985	1990
Вдавлювальний	40	43,3	68
Забивний	39	40,4	29
Що оббурює	15	12,3	2
Вібраційний	5	4	1
Обертальний	1	—	—

З таблиці. 4 витікає, що об'єми застосування вдавлюваного способу зростають; забивного, такого, що оббурює і вібраційного -сокращаються. Така тенденція є цілком правомірною, оскільки найкраща якість відбираних зразків ґрунту забезпечує вдавлюваний спосіб.

У бурових свердловинах різного цільового призначення можуть вироблятися наступні види досвідчених робіт : режимні спостереження за зміною рівня, температури і хімічного складу води, визначення напряму і швидкості руху підземних вод, досвідчені відкачування, наливання і нагнітання води; досвідчені нагнітання повітря; випробування ґрунту : вертикальними статичними навантаженнями (штампами), на зріз (крильчатими зондами), на обтискання стінок

свердловини (прессиометрами); статичне, динамічне і ударно-вібраційне зондування, фотографування і огляд стінок свердловин за допомогою фотобуроскопов, телевізійних камер; кавернометрія, спеціальні досвідчені роботи (цементування, тампонаж) та ін.

У бурових свердловинах, головним чином розвідувальних і гідрогеологічних, можуть вироблятися наступні геофізичні дослідження: резистивиметрія, кавернометрія, радіоактивний каротаж, радіоіндикаторні спостереження, бічне електрокаротажне зондування, діелектричне зондування і т. д.

Часто бурові свердловини на дослідженнях мають багатоцільове призначення. В цьому випадку діаметр свердловини і правила випробування встановлюються з урахуванням усіх вимог, що пред'являються.

#### Глибина свердловини

Проектна глибина буріння (разом з призначенням свердловини) визначає тип і потужність вибраного бурового верстата, основні параметри бурового устаткування і інструменту, частково початковий діаметр свердловини і т. д.

Відповідно до глибини буріння свердловини умовно підрозділяються:

- до 10 м (неглибокі);
- від 10 до 30 м (середньої глибини);
- від 30 до 100 м (глибокі);
- понад 100 м (дуже глибокі).

Неглибокі охоплюють свердловини з середньою глибиною 3-7 м. Їх конструкція в основному відповідає I типу (см. рис. 2.1). Сюди відносяться майже усі Зондувальні свердловини. Свердловини середньої глибини проходяться в основному до 8-15 м. Максимальна глибина складає 30 м. Це характерно для розвідувальних свердловин. По своїх конструкціях вони відносяться до II і рідше III типу. Глибокі свердловини мають середню глибину від 30 до 40 м і по конструкціях відповідають III типу.

Важливою для деталізації інженерно-геологічного буріння є характеристика розподілу глибин свердловин. На Рис. 4 показаний розподіл середніх, середнемінімальних і середнемаксимальних глибин свердловин, прохідних на дослідженнях.

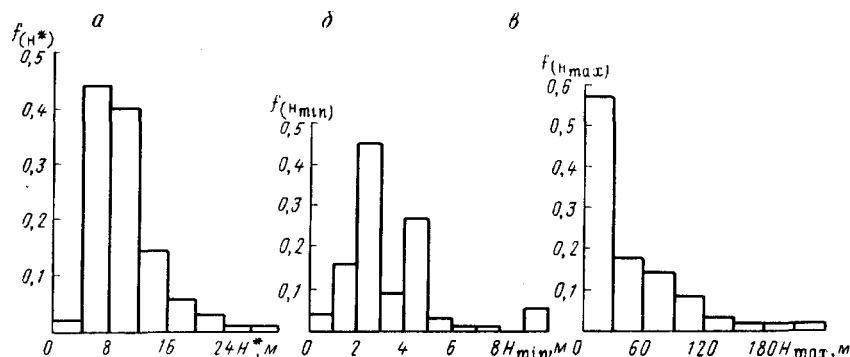


Рис. 4. Графік розподілу середніх (а), середнемінімальних (б) і середнемаксимальних (в) глибин свердловин, прохідних на дослідженнях

Аналіз представлених графіків показує, що середня глибина свердловин складає 10 м, середнемінімальна - 3 м, середнемаксимальна - 30 м

У 1990 р. свердловини завглибшки до 5 м складали 9,5%, завглибшки від 5 до 15 м - 68,1%, від 15 до 30 м - 14,2% і більше 30 м - 8,2%. Таким чином, свердловини завглибшки до 30 м складали 91,8%. Приблизно аналогічна картина спостерігалася і в попередні роки.

#### 2.4 Сфера застосування і рекомендації по раціональному застосуванню різних способів буріння свердловин

Ударно-канатное буріння рекомендується застосовувати при проходці рихлих, скельних і напівскельних порід, а також в тих випадках, коли не вимагається вивчати структуру і механічні властивості порід.

Ударно-вращательное буріння може бути механічним і ручним. Великими недоліками ручного буріння є його низька продуктивність і трудомісткість. Ударно-вращательное буріння застосовують в основному при проходці рихлих порід, при цьому витягають перемітання, а іноді і перемішані породи. Для відбору зразків з природною структурою і вологістю використовують ґрунтоноси.

Колонкове буріння застосовується при інженерно-геологічних дослідженнях найчастіше і дозволяє отримувати керн з природною структурою і вологістю. Колонкове буріння використовують при проходці скельних і напівскельних порід, а також щільних зв'язкових і рихлих порід (у останньому випадку збереження природної структури і вологості досягається бурінням "насухо", без промивальної рідини, укороченими рейсами).

Вібраційне буріння дуже продуктивно і застосовується для проходки рихлих порід, що не містять значних включень крупнообломочного матеріалу. Використання як бурильний інструмент спеціальних зондів дозволяє відбирати при цьому способі буріння зразки порід з природною структурою і вологістю.

Шнекове буріння застосовують тільки в рихлих породах; швидкість проходки при нім велика, але воно має ряд істотних недоліків: при проходці важко визначати межі різних шарів і фіксувати глибину розтину порід, що обводнюють, при витяганні шнека зі свердловини порушується структура порід. Тому шнекове буріння доцільно застосовувати в тих випадках, коли вимагається розтин забою на ту або іншу глибину без детального вивчення прохідних порід.

Роторне буріння застосовують в основному при бурінні глибоких свердловин великого діаметру.

Вид і спосіб буріння необхідно вибирати залежно від властивостей прохідних ґрунтів, призначення і глибини свердловин, а також умов виробництва робіт. На вибір способу буріння певний вплив робить також вид інженерних досліджень. Вибраний спосіб повинен забезпечувати задовільну якість інженерно-геологічної інформації про ґрунти і досить високу продуктивність. При незначних об'ємах бурових робіт слід орієнтуватися на універсальні способи, тобто такі, які забезпечують буріння свердловин в більшості різновидів ґрунтів.

За наявності великих об'ємів бурових робіт приблизно в однотипних умовах слід вибирати такі способи, які мають високу продуктивність (вібраційний, пневмоударний, вібраційно-обертальний).

Роторний і ударно-канатний способи буріння суцільним забоем слід використовувати тільки при бурінні гідрогеологічних свердловин.

Ручний ударно-вращательний спосіб застосовувати, як правило, не рекомендується. Проте в деяких випадках його ефективного використання не унеможливується (при малих об'ємах робіт у віддалених і важкодоступних районах, на заболочених ділянках при незначній глибині свердловин і т. д.).

Таблиця 3.2. Рекомендовані сфери застосування різних способів буріння інженерно-геологічних свердловин

Спосіб буріння свердловин	Породи, міра тієї, що їх обводнює	Глибина свердловин, м	Тип свердловин за призначенням	Спосіб відбору монолітів	Ср. виробляє., м/см
Колонковий: – з промиванням технічною водою	Скельні (монолітні і слаботрещиноваті), такі, що обводнюють і необхідні	У усьому діапазоні глибин	Зондувальні, розвідувальні, технічні	Одинарними колонковими трубами	4-5
– з промиванням глинистим розчином або розчином на неглинистій основі	Скельні (тріщинуваті), крупнообломочні, глинисті, піщані, такі, що не обводнюють і обводнюють	Те ж	Те ж	Подвійними колонковими трубами	4-5
– з промиванням сольовими охолоджувальними розчинами	Мерзлі (скельні і нескельні)	У усьому діапазоні глибин	Зондувальні, розвідувальні, технічні	Подвійними колонковими трубами	3-6
– з продуванням повітрям	Скельні (монолітні і тріщинуваті), не обводнені або слабообводнені, мерзлі	30 і більш	Те ж	Одинарними і подвійними колонковими трубами	4-5
– "насухо" і із зворотною призабойною циркуляцією п. ж.	Крупнообломочні, глинисті, піщані, такі, що обводнюють і слабообводнені, мерзлі	≤30		За допомогою обуриваючих і вдавлюваних ґрунтоносов	13-15
– з гідротранспортом керна	В основному нескельні і напівскельні	≤100	Зондувальні, розвідувальні	Моноліти не відбираються	100
Шнековий: – потоковий суцільним забоем	Глинисті, піщані, слабообводнені	≤30	Зондувальні	Моноліти не відбираються	30-50
Рейсовий – суцільним забоем	Те ж	≤30	Розвідувальні	Те ж	25-30
– кільцевий	Те ж	≤30	Розвідувальні, технічні	Відбираються з магазинних шнеків і шнекоколонкових бурів	20-30
Гвинтовий	Глинисті, слабосвязні (или, торфи, сапропелі і т. д.), сильно- і слабообводнені	≤10	Зондувальні, розвідувальні	Моноліти не відбираються	15-20
Повільно-обертальний	Глинисті, піщані, крупнообломочні, що обводнюють і необхідні	≤30	Зондувальні, розвідувальні, спеціального призначення	Відбираються з потужністю ґрунтоносов, що обурюють і вдавлюваних	20-25
Роторний	Скельні, крупнообломочні, що глинисті, такі, що обводнюють і необхідні, мерзлі	≥30	Гідрогеологічні і спеціального призначення	Моноліти не відбираються	8-10
Ударно-канатний: – кільцевим забоем, забивний	Глинисті (напівтверді, пластичні, текучі), піщані, сильно- і слабообводнені	≤30	Зондувальні, розвідувальні, технічні	Відбираються за допомогою забивних ґрунтоносов	15-17
– кільцевим забоем, що клює	Глинисті (лесові, лесовидні), слабообводнені		Те ж	Те ж	15-20

– суцільним забосом	Крупнообломочніе, глинисті піщані, сильно- і слабообводненніе, в окремих випадках напівскельні і скельні	У уському діапа- зоні глибин	Гідрогеологічні	Моноліти не відбираються	3-4
Грейфер	В основному крупнообломочніе, що обводнюють, слабообводненніе і не-обводнені	≤30	Гідрогеологічні і спе-ціального призначен-ня	Моноліти не відбираються	2-3
Пневмоударний	Скельні, крупнообломочніе, глинисті, піщані, необводнені і слабообводнен-ніе, мерзлі	30	Розвідувальні, техніч-ні	Відбираються за допомо-гою забивних ґрунтоносов	25-30
Вібраційний	Глинисті, піщані, слабообводненніе і що обводнюють	≤30	Те ж	Те ж	30-40
Вібраційно-обертальний	Напівскельні, крупнообломочніе, гли-нисті, піщані, такі, що обводнюють і слабообводненніе	≤50	Те ж	Відбираються за допомо-гою ґрунтоносов, що оббу-рюють і забивних	25-30
Вібраційно-обертальний з гидро- і пневмотранспор-том керна	Те ж	≤50	Розвідувальні, Гідро-геологічні і спеціаль-ного призначення	Моноліти не відбираються	50-80

### Ефективність способів буріння ИГС.

Ефективність буріння ИГС визначається 3-мя чинниками:

- Інженерно-геологічні
- Технічні
- Економічні

Інженерно-геологічні визначають інформативність способів буріння. Інформативність має такі переваги:

- точність фіксації положення шарів ґрунту і рівня ґрунтових вод в геологіч-ному розрізі
- можливість показного опису розрізу
- можливість відбору монолітів для визначення физ-мех. властивостей ґрунтів
- можливість якісного проведення досвідчених робіт у св.

Міра порушення природних властивостей масивів гірська порода за раху-нок створення в масиві штучних порожнеч і каналів, утворюваних св.

Технічні визначають технологічну хар-сть способів буріння Технічна ефективність оцінюється показниками

- продуктивність
- універсальність
- металоємність
- енергоємність

Економічна ефективність визначається показниками:

- собівартість 1 м буріння
- вартість 1 м буріння (договірна ціна)

Інформативність - важливий чинник визначає ефективність способів бу-ріння. Геолого-літологічний розріз встановлюється шляхом опису керна отри-маного в процесі буріння.

Способи роблять керн у вигляді стовпчика ґрунту відносно непорушено-го складання з послідовністю шарів що включає текстури і структурні особли-вості відповідних природним.



- колонковий
- шнековий кільцевим забоєм
- ударно-канатний
- вібраційний
- пневмоударний
- вібраційно-обертальний

Способи роблять керн у вигляді перемеленого ґрунту з різко порушеним складанням. Отримання його приводить до утруднення у встановленні глибин залягання контактів порід :

- ручний ударно- обертальний
- повільно обертальний
- шнековий
- потоковий
- рейсовий
- гвинтовий

Способи з отриманням шламу :

- ударно-канатний суцільним забоєм
- грейфер
- роторне

Для отримання додаткових відомостей у св. застосовують досвідчені роботи. Технічна ефективність - визначальна ознака продуктивність среднесменная продуктивність і произв- сть установки. Крім того прим. Хутро швидкість.

Рейсова швидкість розподіл витрат часу на виробництво окремих операцій в пр-се буріння.

При порівнянні декількох способів потрібно враховувати показники що характеризують універсальність процесів буріння. При розгляді способів буріння потрібно враховувати:

- фортеця гірська порода
- глибину
- діаметр св.
- довжину рейс

## ПРОЦЕС І ТЕХНОЛОГІЯ БУРІННЯ СВЕРДЛОВИН РІЗНИМИ СПОСОБАМИ

### 5. Способи буріння и. р. св.

Зважаючи на те що основне призначення и. р. св. - це відбір проб, зразків і монолітів, а також отримання св. із стінками складеними непорушеними таким чином основним способом буріння являється хутро. спосіб буріння.

#### 5.1 Класифікація способів буріння и. р. св.

№	Класифікаційна ознака	Класифікаційна група
1	Діаметр утворюваної свердловини	1. Буріння св. малого діаметру менше 500 мм 2. Буріння св. великого діаметру більше 500 мм
2	Форма вибурюваного забою	1. Суцільним забоєм 2. Кільцевим забоєм
3	Спосіб поглиблення св.	1. Буріння св. за один рейс 2. Буріння св. послідовними рейсовими поглибленнями
4	Способи дії на г.п.	1. Обертальний 2. Ударний 3. Вібраційний 4. Спосіб здавлення 5. Комбінований
5	Використання п.и.	1. Буріння алмазним і твердосплавним 2. Дробом і буріння зміцненим п. и.
6	Конструктивне виконання	1. Буріння коронками 2. Долотами 3. Ложковою бурою 4. Буріння спіральною бурою 5. Буріння тарілчастою бурою 6. Буріння бурою типу грейфера 7. Буріння желонками
7	Закріплення порід елементів на буровому снаряді	1. З жорстким закріпленням п. елементів 2. З рухливим п. Елементів
8	Заміна п. и.	1. Після підйому снаряда 2. Без підняття
9	Передача ударних імпульсів або моменту, що крутить, до приводу п.и.	1. Буріння з безпосередньою передачею ударних імпульсів або моменту п.и., що крутить 2. Буріння з передачею ударних імпульсів або моменту, що крутить, породоразрушаючому інструменту за допомогою бурильних труб
10	Тип механізму для інтенсифікації РГП	1. Буріння гідроударниками 2. Пневмобур 3. Дебалансними віброзбудниками 4. Машино-стрикаторами 5. Електромашинами
11	Вид використання забійного двиг.	1. Буріння забійним двиг. з електроприводом 2. З гідроприводом 3. З пневмоприводом
12	Місце завдання удару при ударних способах буріння	1. буріння із завданням удару по забою 2. буріння із завданням удару по п.и. 3. буріння із завданням удару по верхньому кінцю бурового снаряда
13	Спосіб утримання п.и. при бурінні і СПО	1. Буріння з утриманням п.и. на канаті 2. Буріння з утриманням п.и. на бурильних трубах
14	Частота обертання	1. Буріння з дуже низькою частотою обертання снаряда до 10 про./мін 2. Буріння з низькою частотою обертання снаряда 10-100 про./мін 3. Буріння з середньою частотою обертання снаряда 100-500 про./мін 4. Буріння з високою частотою обертання снаряда 500-1000 про./мін 5. Буріння з дуже високою частотою обертання снаряда 1000-5000 про./мін 6. Буріння з ультровисокою частотою обертання снаряда понад 5000 про./мін
15	Частота удару	1. Буріння з низькою частотою ударів менше 25 уд./мін

		<ol style="list-style-type: none"> <li>2. Буріння з середньою частотою ударів 25-100 уд./мин</li> <li>3. Буріння з високою частотою ударів 100-1500 уд./мин</li> <li>4. Буріння з дуже високою частотою ударів понад 1500 уд./мин</li> </ol>
16	Спосіб видалення продуктів руйнування	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Буріння без примусового видалення продуктів руйнування шляхом витіснення г.п.</li> <li>2. Буріння з видаленням продуктів руйнування механічним способом</li> <li>3. Буріння з винесенням продуктів руйнування рідиною</li> <li>4. Буріння з винесенням продуктів руйнування газом</li> </ol>
17	Схема циркуляції рідини або газів	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Буріння з прямою циркуляцією</li> <li>2. Буріння із зворотною циркуляцією</li> <li>3. Буріння з комбінованою циркуляцією</li> </ol>
18	Місце циркуляції промивального агента	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Буріння з циркуляцією промивального агента по усій довжині св.</li> <li>2. Буріння з призабойної циркуляцією промивального агента</li> </ol>
19	Спосіб створення П. Ж.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Буріння з використанням промивального насоса на денній поверхні</li> <li>2. Буріння з використанням насоса розташованого в призабойній зоні св.</li> <li>3. Буріння з використанням електропристроїв</li> <li>4. З возвратнопоступательним рухом снаряда без насоса</li> </ol>
20	Вид вживаних П. Ж.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Буріння з промиванням технічною водою або природними глинистими розчинами</li> <li>2. Буріння з промиванням штучно приготованим глинистим розчином</li> <li>3. Буріння з промиванням сольовими розчинами</li> <li>4. Буріння з промиванням аерованим розчином</li> <li>5. Буріння з промиванням емульсивним розчином</li> <li>6. Буріння з промиванням на нафтовій основі ЕРНО</li> <li>7. Буріння з промиванням розчином, що обважнює</li> <li>8. Буріння з промиванням на основі полімерних і синтетичних матеріалів</li> </ol>
21	Характер отриманого зразка при бурінні	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Буріння без отримання зразків</li> <li>2. Буріння з отриманням зразків</li> <li>3. Буріння з отриманням зразків у вигляді перетертих грудок ґрунту з наруш. природ. Складанням</li> <li>4. Буріння з отриманням зразків у вигляді стовпчиків з непорушеним в основному природним складанням тобто отримання керна</li> <li>5. Буріння з отриманням зразків із збереженням природного ґрунту - керна</li> </ol>
22	Спосіб відділення керна від забою	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Шляхом затерки в суху субстанцію</li> <li>2. З використанням заклиночного матеріалу</li> <li>3. З використанням кернарвателя</li> <li>4. З використанням підрізуючих утрьств</li> </ol>
23	Тип використання засобу для транспортування на поверхню	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. У колонковій трубі</li> <li>2. У спеціальному відокремлюваному від труби керноприемнике</li> <li>3. У бурі произв. форми і пристрої</li> </ol>
24	Спосіб підйому зразка або керна з св.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. З підйомом обсадним шнековим транспортувальником</li> <li>2. З підйомом поєднаним підйомним інструментом</li> <li>3. З підйомом за допомогою каната без подьєми усього п. и.</li> <li>4. З підйомом потоком П. Ж.</li> <li>5. З підйомом потоком повітря</li> </ol>
25	Спосіб закріплення стінок св.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Буріння без закріплення стінок св.</li> <li>2. Буріння із закріпленням стінок св. Розчином</li> <li>3. З послеінтервальним закріпленням св. обсадними трубами (зупинка поглиблення)</li> <li>4. З одночасним або навіть випереджаючим закріпленням св. обсадними трубами</li> </ol>

1. Колонкове буріння твердосплавним породоразрушаючим інструментом

При бурінні з промиванням кодою або глинистим розчином основними чинниками технологічного режиму буріння твердосплавним породоразрушаючим інструментом є осьове навантаження, частота обертання інструменту, кількість промивальної рідини, що подається на забій, величина рейсу.

У таблиці. 8.1 приведені орієнтовні значення режимних параметрів буріння твердосплавними коронками. Слід мати на увазі, що величини параметрів повинні уточнюватися у кожному конкретному випадку. Осьове навантаження із збільшенням твердості порід повинне збільшуватися.

Максимальне осьове навантаження визначається характером порід і прочностними якостями вживаного інструменту. При бурінні тріщинуватих порід осьове навантаження рекомендується знижувати в порівнянні з вказаними в таблиці. 8.1 на 30-50%. При використанні УБТ осьове навантаження можна доводити до 18-20 кН.

При виборі частоти обертання інструменту в усіх випадках слід прагнути до можливо більшого значення цього параметра. Із збільшенням осьового навантаження частоту обертання снаряда необхідно знижувати. Підвищення вимог до якості відбираного керна також обумовлює необхідність зниження частоти обертання снаряда.

Кількість рідини, що подається у свердловину, має бути достатньою для ефективного винесення продуктів руйнування із забою. Практично при бурінні з промиванням витрату рідини слід визначати з розрахунку 10-20 л/мін на 1 см діаметру коронки або виходячи з швидкості висхідного потоку не менше 0,5 м/с. Чим більше щільність вживаного глинистою розчину, тим менше може бути його витрата.

При бурінні інженерно-геологічних свердловин використовують як технічну воду, так і глинистий розчин. Останній повинен мати приблизно наступні властивості:

Щільність. г/см <sup>3</sup> .....	1,1.1,2
В'язкість по СПВ- 5. с .....	25.28
Водоотдача за 30 хв. см <sup>3</sup> .....	10.15
Пісок. % .....	4

Рихлі і м'які породи на дослідженнях бурити з промиванням не рекомендується. Якщо промивання все ж використовується, кількість рідини, що подається у свердловину, має бути мінімальною. Доцільно також використовувати подвійні колонкові труби. Заклинювати керн слід тільки такою, що затерла насухо.

Величина рейсу при бурінні твердосплавним інструментом на дослідженнях не повинна перевищувати: в м'яких і рихлих породах 0,5-1 м, в скельних породах 0,8-2 м.

При бурінні піщаних, глинистих, напівскельних і мерзлих порід (I - IV. категорії) з очищенням забою стислим повітрям слід використовувати ребристі твердосплавні коронки, що забезпечують вільний вихід повітря з-під торця.

Діаметр бурильних труб слід брати таким, щоб відношення площ перерізів кільцевого простору свердловини і каналу в бурильних трубах наближалось до одиниці. Необхідно уникати ступінчастого ствола свердловини, оскільки в місцях його розширення зменшується швидкість висхідного потоку і накопичується шлам. Швидкість висхідного потоку повітря в кільцевому проміжку між стінками свердловини і колоною штанг має бути в межах 8-12 м/с. Осьове

Таблиця 8.1. Режим буріння твердосплавними коронками

Тип коронки	Зовнішній діаметр коронки, мм	Осьове навантаження на коронку, кН	Частота обертання снаряда, про/мін	Витрата промивальної рідини л/мін
M1	151	4- 4,8	120-190	90 180
	132	4-4,8	150- 225	80-160
	112	4 4,8	170-260	65 130
	93	4 4,8	205-310	55-110
M2	151	8,4-11,2	120 190	150-240
	132	8,4-11,2	150 225	130-220
	112	7,2 -9,6	170 260	110-175
	93	7,2-9,6	205 -310	90- 160
M5	151	7,2-14.4	120-190	150-240
	132	7,2 -14,4	150-225	130-220
	112	4,8-9,6	170 260	110-175
	93	4,8-9,6	205 310	90- 160
CM3	151	7,2-12	120- 200	150-240
	112	4,8-8	170-280	110 175
	76	3.6 6	250 410	70 140
	46	3,6 6	415 670	40 100
CM4	151	6-15	100 190	150 240
	132	6 14	115 215	130 220
	112	4.5 13	135 260	110 175
	93	4.5- 12	160 -310	90 160
	76	4,5 12	200 380	70 140
CM5	151	9,6 16	100- 200	150 240
	112	7.2 - 13	135 270	110 175
	93	7,2 - 13	160-320	90 160
	59	4,8 12	255 510	60 120
	36	3.6-10	420 -840	40 80
CT2	151	6- 9,6	75-150	120 -180
	112	5-8	100 200	100 150
	76	3 4,8	150 300	60-130
	46	3-4,8	250 - 500	40 -80
CA1	132	10-16	115--220	100--150
	93	8 12.8	165 315	70- 130
	59	4-6,4	255-495	40-90
	36	4 6,4	420- 810	25-60
CA2	76	10 13	150- 380	40-90
	59	7,5 12	195 490	30 70
	36	5 10	315 -800	20-50
CA3	132	14.4 18	90 220	90 140
	93	12 15	125 315	60- 120
CA4	112	10 18	105 260	70- 120
	76	8 15	155 385	40 100

	46	6-12	255 - 635	25 80
--	----	------	-----------	-------

навантаження на породоразрушаючий інструмент приблизно та ж, що і при бурінні з промиванням. Частоту обертання снаряда підтримують в межах 120-280 про/хв.

Для буріння свердловин з продуванням необхідно застосовувати пересувні компресори з подачею повітря до 10 м<sup>3</sup>/мін і тиском до 0,8-1 МПа.

Буріння інженерно-геологічних свердловин з продуванням особливий розвиток отримав в УралТІСІЗе. Тут ряд самохідних бурових установок обладнаний малогабаритними компресорами повітряноохолоджуваній типу К-7В з подачею 0,58 м<sup>3</sup>/мін і тиском 0,8 МПа. Тиск, що розвивається цими компресорами, і кількість повітря, що подається, цілком достатні для продування свердловини при бурінні в міцних породах.

Колонкове буріння "насухо" досить широко поширене на дослідженнях. Зазвичай воно ведеться укороченими рейсами (довжина рейсу не перевищує 0,8-1,5м). Параметри режиму буріння встановлюють наступні: частота обертання інструменту 80-150 про/мін, осьове навантаження на забій 3-6 кН.

Заклинювання керна проводять такою, що затерла, для чого необхідно останні 0,05-0,1 м рейсу пройти з підвищеним осьовим навантаженням на забій. Буріння "насухо" доцільно використовувати тільки при проходці ґрунтів І, що обводнюють, - ІІІ категорій по буримості. Механічна швидкість колонкового буріння "насухо" залежно від ґрунтів коливається від 0,05 до 0,5 м/мін, продуктивність зазвичай не перевищує 20 м/зміну. Для отримання якісного керна величину рейсу слід встановлювати в межах 0,5-0,7 м. У слабких ґрунтах бурити рекомендується ґрунтоносами, що оббурюють. При бурінні щільних слабообводнених глинистих ґрунтів допускається підливати у свердловину невелику кількість води.

## 2. Колонкове буріння алмазним породоразрушаючим інструментом

Алмазні коронки мають невеликий діаметр, тому бурильні труби повинні мати, як правило, ніпельне з'єднання. Для коронок діаметром 36 і 46 мм застосовуються гладкоствольні ніпельні труби діаметром 33,5 і 42 мм відповідно, для коронок 59 і 75мм- 42 і 50мм.

При бурінні в міцних породах між коронкою і колонковою трубою необхідно включати калібрувальний алмазний розширювач. Для боротьби з викривленням свердловини рекомендується ставити другий алмазний розширювач між колонковою трубою і перехідником. Перш ніж опускати у свердловину нову коронку, необхідно пропрацювати забій свердловини хрестовим долотом, щоб зруйнувати керн, що залишився.

Спускати інструмент на забій слід плавно, без поштовхів і ударів. Алмазними коронками можна бурити при частоті обертання інструменту 700-1500 про/мін і більш. Для зменшення вібрації бурильні труби зовні змащують спеціальним консистентним мастилом КАВС, каніфолі 25%, що містить, нігролу 70% і олеїну 5%; застосовуються також емульсивні розчини. Із збільшенням

фортеці, трещиноватості і абразивності порід частоту обертання алмазної коронки зменшують.

У таблиці. 8.2 приведені рекомендовані ВИТРОМ параметри режиму алмазного буріння. При постановці на забій нової коронки спочатку дають невелике осьове навантаження (1,5-2 кН) і малу частоту обертання; у міру прироблення алмазів протягом 10.15 мін навантаження на коронку і частоту її обертання підвищують до нормальних меж. Осьове навантаження найчастіше доводять до 7-12 кН. При алмазному бурінні ходити снаряд не рекомендується. Буріння ведуть не до повного зносу коронки, а до зниження швидкості буріння приблизно до 1- 2 см/мін, після чого коронку піднімають і замінюють.

Швидкість висхідного потоку між бурильною колоною і стінками свердловини має бути в межах 0,4-0,8 м/с.

При наповненні колонкової труби керном буровий інструмент піднімають на поверхню. Керн відділяють від забою за допомогою кернорвателя, що встановлюється усередині коронки.

Таблиця 8.2.

Режими буріння алмазним породоразрушаючим інструментом

Категорія порід по буримості	Діаметр коронки, мм			
	36	46	59	76
Осьове навантаження на коронку, кН				
VI - VII	2,5-3	3-5	4-8	5 10
VIII - IX	3-5	5-7	6-10	8-13
IX XI	5-7	6-9	8-12	10 -17
XI XII	6 -8	7 10	10 16	13 18
Частота обертання, про/мін				
VI - VII	700-1000	500-900	400-700	300 500
VIII - IX	900-1500	600 1200	500-900	400-700
IX - XI	1400-2000	1000-1500	800-1400	600-1000
XI - XII	800-1200	800-1300	600-1000	400-700
Подача промивальної рідини, л/мін				
VI - VII	25-35	30-50	50-70	60-100
VIII - IX	20-30	30 40	40 60	50- 80
IX - XI	15-25	20-30	35 50	40 - 60
XI - XII	10 -15	15 -20	25 35	30 40

### 3. Медленновращательное буріння

При медленновращательном бурінні як породоразрушаючого інструмент використовують ложковие і спіральна бура. Процес буріння може здійснюватися як установками, спеціально призначеними для цієї мети (УБР-2М), так і самохідними верстатами, призначеними для реалізації інших способів буріння (УГБ-50М, УГБ-ВК та ін.). Діаметр породоразрушаючого інструменту вибирають в межах 89.168 мм, рідше використовують ложковие буру великого діамет-

ру. Буріння слід вести при знижених частотах обертання інструменту (7.80 про/мін). Осьове навантаження може коливатися в широких межах (2.10 кН), вона обумовлена діаметром бура і прохідними породами. Навантаження регулюють використанням на цій буровій установці механізмом подачі. Величину рейсу встановлюють в межах 0,3-0,8 м. В деяких випадках (наприклад, при проходці щільних необводнених порід) при медленновращательном бурінні необхідно підливати в невеликих кількостях воду. Ложковие і спіральна бура, як правило, очищають вручну.

#### 4. Шнекове буріння

При інженерних дослідженнях шнекове буріння застосовується в обмежених об'ємах. У ряді дослідницьких організацій воно взагалі заборонене до використання. Це обумовлено тим, що шнекове буріння не забезпечує належної якості опису геологічного розрізу. Зазвичай його застосовують для проходки неглибоких зондировочних свердловин (переносна і малогабаритна пересувна мотобура КМ- 10, УКБ- 12/25 та ін.), рідше для буріння порівняно глибоких розвідувальних свердловин (пересувні і самохідні бурові верстати) і гидрогеологических свердловин. У першому випадку діаметр свердловин коливається від 33 до 108 мм, в другому і третьем-от 108 до 300 мм і більш.

При використанні мотобурів і легких пересувних верстатів свердловини, як правило, бурять суцільним забоем (потокове і рейсове буріння). Потокове буріння зазвичай ведуть спіральними долотами з частотою обертання інструменту 250 про/мін і вище. Величина подачі повинна забезпечувати рівномірність і безперервність поглиблення інструменту. Швидко занурювати шнекову колону не рекомендується, оскільки це може викликати переповнювання шнеків ґрунтом, припинення винесення останнього на поверхню і заклинювання шнеків у свердловині. Потокове буріння слід застосовувати в неопливаючих і таких, що не обсипаються ґрунтах, що забезпечують стійкість стінок свердловини і рівномірне винесення розбуреної породи на поверхню (зв'язкові і слабосвязные супіщані і суглинні ґрунти). Як відзначалося, якісна геологічна документація при потоковому бурінні ускладнена.

Рейсове буріння застосовують при необхідності детальнішого вивчення геологічного розрізу, в основному в пластичних і тугопластичних ґрунтах.

Величина разового поглиблення переносною мотобурою при рейсовому бурінні складає 0,2-0,6 м, частота обертання шнекової колони 100-300 про/мін, осьове навантаження 0,3-0,8 кН.

Технологія шнекового буріння, здійснюваною самохідними буровими установками, дещо відрізняється від технології буріння переносною мотобурою.

При потоковому бурінні м'яких і сипких ґрунтів примусову подачу інструменту на забій не застосовують. Максимальна частота обертання шнекової колони не перевищує 300 про/хв. При бурінні щільних і твердих порід осьове навантаження можна доводити до 8-10 кН, а частота обертання знижується до 100-150 про/хв. У сильнообводнених породах бурити слід з підвищеною час-



тотою обертання; тільки в цьому випадку може бути забезпечений підйом вибуреної породи на поверхню.

Оптимальна частота обертання шнекової колони при бурінні порівняно глибоких свердловин 100-200 про/хв. Знижену частоту обертання (50-70 про/мін) використовують для забурювання свердловини, підвищену (до 200-300 про/мін) - при глибині не більш 15м, а також для очищення шнеків в процесі буріння. Осьове навантаження на забій складає 5-7 кН.

В'язкі глинисті породи проходити потоковим способом, як правило, не вдається. Тому в цих випадках застосовують рейсове буріння. Величина рейсу залежно від порід може коливатися в широких межах. Зазвичай процес буріння припиняють тільки у тому випадку, якщо поглиблення снаряда припинилося. При бурінні інженерно-геологічних свердловин довжину рейсу обмежують до 1 м, рідше до 1,5 м

У багатьох різновидах ґрунтів транспортування зруйнованої породи на витках шнеків ускладнене. Підливши води (у невеликій кількості) через гирло свердловини, а якщо можливо, через колону шнеків дозволяє підвищити швидкість буріння і понизити витрату потужності.

Шнекове буріння кільцевим забоем реалізується при частоті обертання шнекової колони 40-200 про/мін, величина рейсу коливається в межах 0,4-2 м. При зовнішньому діаметрі шнекової колони 217 мм можна отримати керн діаметром 84 мм.

#### 5. Ударно-канатное буріння кільцевим забоем

Ударно-канатное буріння кільцевим забоем - один з найбільш поширених способів проходки свердловин при інженерних дослідженнях.

Технологічні прийоми цього способу буріння залежать від його різновиду, глибини і початкового діаметру свердловини, а також від властивостей прохідних порід. Слід мати на увазі, що ударно-канатное буріння кільцевим забоем можна застосовувати тільки при проходці свердловин в нескельних ґрунтах I-IV категорій по буримості.

Неглибокі свердловини (до 30м) бурять забивними склянками діаметром від 89 до 168 мм, рідше до 219 мм. При цьому можна використовувати бурові установки, що не мають балансирних або відтяжних пристроїв, тобто здійснювати буріння безпосередньо з лебідки верстата. Для ефективного буріння свердловин швидкість навивки каната на барабан лебідки має бути досить високою (0,8-1,5 м/с).

Для поглиблення свердловини застосовують забивний і ключовий способи, желонирование і буріння суцільним забоем. Забивний спосіб використовують за наявності усіх різновидів зв'язних нескельних ґрунтів, ключовий-м'якопластичних і лесових глинистих порід, желонирование - незв'язних ґрунтів, буріння суцільним забоем - крупнообломочних і галечних для валуна ґрунтів.

#### Основні технологічні параметри забивного патрона

Діаметр свердловини, мм ..... 89-127 146-219

Вага ударної частини забивного патрона, кН .....	0.8-1,2	1,2-1,5
Висота підйому ударного патрона, м .....	0,6-1	0,6-1
Число ударів забивного патрона в 1 з .....	20-25	15-20
Поглиблення за рейс, м:		
у слабосвязних породах .....	0,5-0,7	0,6-0,8
у в'язких породах .....	0,3-0,5	0,4-0,6

При забивному бурінні не слід прагнути до збільшення рейсового поглиблення. Якщо склянку забивають на велику глибину, чим вказано вище, то утруднюються його витягання зі свердловини і наступне очищення від ґрунту. В умовах, коли спуско-подъемні операції займають малий час в порівнянні з процесом буріння, доцільно частіше піднімати снаряд, полегшуючи і прискорюючи тим самим процес очищення склянок.

У в'язких ґрунтах рекомендується використовувати роз'ємні склянки, в незв'язкових ґрунтах-стакани з клапаном (з клапанами).

Основні параметри ключого способу - вага бурового снаряда і висота його підйому над забоєм. Буровий снаряд при цьому способі включає забивну склянку і трубу, що обважнює, або штангу, що жорстко приєднується до забивної склянки. Для ефективного буріння необхідно прагнути до можливо більшої ваги снаряда, доводячи його до 1,5...3 кН. Як відомо, ключий спосіб полягає в тому, що буровий снаряд з деякої висоти скидають на забій і склянку поглиблюється в породу на 0,1... 0,25 м, потім снаряд піднімають на поверхню для очищення склянки. Величина поглиблення склянки залежить від енергії одиночною удару снаряда. У зв'язку з цим рекомендується буровий снаряд піднімати на можливо велику висоту (5...8 м).

При проведенні желонирования число ударів має дорівнювати 20...30 в 1 мін, а висота підйому желонки 0,15-0,2 м і більш. Желонки рекомендується застосовувати з штангами, що обважнюють, з таким розрахунком, щоб їх вага дорівнювала 0,5...1 кН. В процесі желонирования свердловину, як правило, закріплюють обсадними трубами. При цьому желонка не повинна виходити за черевик обсадних труб більш ніж на 0,5...1 м

При бурінні крупнообломочних і галечних для валуна ґрунтів слід переходити на ударно-канатне буріння суцільним забоєм, використовуючи звичайні ударно-канатний інструмент (долота, желонки, ударні штанги, канатні замки і т. д.) і технологію буріння.

## 6. Вібраційне буріння

Основні технологічні параметри, що визначають ефективність вібраційною буріння, момент дебалансов, частота коливань і вага віброзбудника; ударно-вібрационного буріння - момент дебалансов, частота їх обертання, частота ударів і вага ударної частини вібромолота. Слід зазначити, що нині для буріння інженерно-геологічних свердловин застосовують в основному безпружинні вібромолоти ВБ- 7, ВБ-7М і В- 500.

В більшості випадків вібраційним буровим установкам і агрегатам надається віброзанурювач з постійними параметрами. Як правило, ці параметри не регулюють в процесі буріння і віброзанурювач працює з постійними параметрами. Виняток становить частота обертання дебалансов, яку можна регулювати в невеликих межах зміною частоти обертання приводною двигуна. У пружинних вібромолотах, які нині застосовуються у край рідко, можна регулювати проміжок між ударником і ковадлом. В результаті цього може змінюватися швидкість удару ударної частини. Переважний нульовий проміжок.

Для ефективного буріння свердловин завглибшки 15.25 м в нескельних грунтах віброзанурювач (безпружинний вібромолот) повинен мати наступні параметри:

Статичний момент маси дебалансон, кг м .....	1,5 2,5
Частота обертання дебалансов, про/мін .....	1000-1500
Маса, кг:	
ударній частині .....	300-500
вібромолота .....	400 650
Потужність приводного електродвигуна, кВт ....	7 10

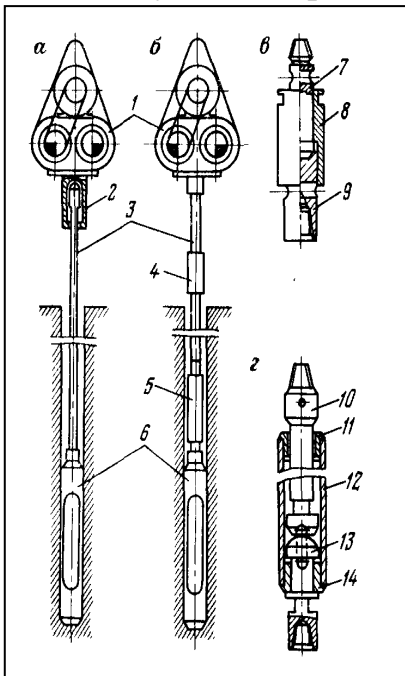


Рис. 8.1. Снаряди для ударно-вібраційного буріння:

а- з верхнім розташуванням ударника; б- з нижнім розташуванням ударника; в- швидкознімне з'єднання; г- забійний ударний патрон;

1 - віброзбудник; 2 ударний патрон, розташований на поверхні; 3-бурильні труби; 4 швидкознімне з'єднання; 5 забійний ударний патрон; 6 - віброзонд; 7, 9 - перехідники; 8 - муфта; 10 - ударник; 11, 14 - фланці; 12 - корпус; 13 - ковадло

При віробурінні глинистих грунтів рекомендується застосовувати віброзанурювач з великим моментом дебалансов і зі зниженою частотою, при віробурінні піщаних грунтів хороший ефект дають високочастотні віброзанурювачі. У усіх випадках вібромолоти ефективніші, ніж звичайні відцентрові віброзбудники (вібратори).

Віробуріння можна здійснювати за двома схемами, що принципово розрізняються, : з верхнім і нижнім розміщенням ударника (Рис. 8.1). Нижнє розташування ударника збільшує механічну швидкість буріння, розширює область раціонального використання віробурення по глибині свердловини (до 25 30 м) і по фортеці прохідних порід (до IV.V категорій).

При регулювань частоти ударів безпружинного вібромолота двигуном слід мати на увазі, що велика величина відскоку відповідає більшій енергії одиночного удару. При бурінні щільних ґрунтів прийнятніше низькочастотний режим. Бурильник для кожного різновиду ґрунтів повинен досвідченим шляхом встановлювати той режим коливань, який забезпечує найбільшу швидкість занурення зонду. Проте при цьому йому необхідно пам'ятати, що знижуючи або підвищуючи частоту обертання приводного двигуна, він тим самим одночасно знижує або підвищує частоту обертання ротора генератора, який живить електричним струмом віброзанурювач. Внаслідок цього напруга в мережі вібромолота падає або росте. Збільшувати напругу більше 450 В або знижувати його до 250 В не допускається, оскільки це може вивести з ладу генератор або електродвигун.

Довжина рейсу належить до небагатьох параметрів віробуріння, які в певних межах може довільно встановлювати бурильник. Тим важливіше правильно її вибрати.

У таблиці. 8.3 приведені рекомендовані оптимальні довжини рейсів при віробурінні для двох діаметрів свердловин - 108 і 146мм. Для інших діаметрів оптимальні довжини рейсів необхідно встановлювати інтерполяцією або екстраполяцією. Представлені в таблиці. 8.3 оптимальних довжин рейсів є орієнтовними і повинні уточнюватися для кожного конкретного майданчика досліджень.

Таблиця 8.3 Рекомендовані оптимальні довжини рейсів при ударно-вібраційном бурінні ґрунтів (у м)

Інтервали глибин свердловин, м	Умови буріння		
	Легені	Середні	Важкі
0 -4	4/3	3,5/2,5	3/2
4-10	2,5/2,5	2/1,5	1,5/1
10-20	2/2	1,5/1	1/0,7
>20	1,5/1,5	1/0,7	0,7/0,4

Примітки. 1. Легені условия-бурение свердловин в мягкопластичних і текучепластичних глинистих ґрунтах з коефіцієнтом консистенції  $V(0,75$  і в пілеватих і водонасичених дрібнозернистих пісках; середні условия- буріння су-пісків, суглинків і глин з коефіцієнтом консистенції  $V=0,5,0,75$  - а також пісків дрібних і середньої великої; важкі условия-бурение глинистих ґрунтів твердої і напівтвердої консистенції, а також пісків великих і гравелистих.

Примітки. 2. У чисельнику - для діаметру свердловин 108мм, в знаменателе- 146 мм.

У багатьох випадках довжину рейсу встановлюють довільно (якщо не ставляться ніяких обмежень геологічною службою). Зазвичай бурова бригада прагне забивати зонд до його повного заповнення ґрунтом або до повного припинення процесу поглиблення і тільки після цього піднімати інструмент. Така технологія не може бути визнана раціональною. По-перше, вона знижує якість

інженерно-геологічної документації, по-друге, зменшує рейсову швидкість буріння. У деяких нормативних документах рекомендується припиняти процес вібробуріння, якщо швидкість занурення зонду знизилася до 0,05 м/хв. Але і ця рекомендація не є задовільною.

Зіставимо граничні величини занурення зонду і оптимальної довжини рейсу для середніх умов, що найчастіше зустрічаються. Результати відповідних розрахунків представлені в таблиці. 8.4.

Таблиця 8.4 Зіставлення граничної і оптимальної довжин рейсів при вібробурінні

Глибина свердловини, м	$L_{пред}$ , м	$L_{опт}$ , м	$\frac{L_{опт}}{L_{пред}} 100, \%$
3	2,4	2 1	88
4	2,02	175	87
5	1,76	1.55	88
7	1,42	1.28	90
10	1,11	1.05	95
15	0,82	0,77	94
20	0,65	0,60	93

Ці таблиці. 8.4 свідчать про те, що оптимальна довжина рейсу при віброударному бурінні в середніх умовах має бути менше граничною на 5-20%. Отже, щоб встановити оптимальну довжину рейсу, буровій бригаді спочатку необхідно знайти граничну величину занурення, а потім зменшити її на 5-20%. У щільних ґрунтах відмінність має бути менш істотною, в слабких-більш істотним. Запропонований спосіб дозволить безпосередньо в польових умовах для конкретного геологічного розрізу орієнтовно встановлювати оптимальну довжину рейсу, забезпечуючи цим самим велику рейсову швидкість вібробуріння.

Середня тривалість роботи вібророзанурювача зазвичай коливається від 1-3 до 10 хв.

При вібробурінні значний час витрачається на спуско-подъемні і підсобно-допоміжні операції. Час, що витрачається на чисте буріння, складає не більше 25%. Тому для отримання високих техніко-економічних показників, властивих цьому способу, необхідно приділяти велику увагу вдосконаленню підсобно-допоміжних операцій.

Зонд для забурювання вибирають залежно від проектної глибини свердловини, складності геологічного розрізу і вимог до відбору зразків. При великій глибині свердловини і складному геологічному розрізі, що вимагає спуску у свердловину обсадних труб, початковий діаметр свердловини має бути по можливості великим (219 мм).

Якщо зі свердловини передбачається відбір монолітів, слід враховувати, що конструкція свердловини і вибраний її початковий діаметр повинні забезпечувати спуск у свердловину (на необхідній глибині) відповідного ґрунтоноса.

Зазвичай для забурювання вибирають зонди діаметром 127, 146 або 168 мм, рідше використовують зонди діаметром 219 мм.

Для забурювання зонд приєднують до віброзанурювача. Потім інструмент разом з віброзанурювачем опускають до упору черевика в ґрунт. При цьому необхідно стежити за тим, щоб зонд був встановлений вертикально, що забезпечить вертикальний напрям свердловини і усуне наступні ускладнення при бурінні, пов'язані з відхиленнями осі свердловини від вертикалі.

Процес віробуріння складається з циклів, що чергуються. Кожен цикл включає спуск інструменту на забій свердловини, буріння, підйом інструменту і очищення зондів від ґрунту. Початкові інтервали свердловини слід бурити зондами великого діаметру з поступовим зменшенням діаметру у міру збільшення глибини свердловини. Це змушує постійно мати на віброагрегаті віброзонди декількох типоразмерів, проте така міра доцільна. У ряді випадків (наприклад, при бурінні тугопластичних суглинків), коли процес буріння істотно сповільнюється, виявляється доцільним протягом рейсу зупиняти занурення зонду, відривати його від забою, підводити (на 1.1,5м) і потім скидати на забій з одночасним включенням віброзанурювача. У мягкопластичних ґрунтах таке призупинення занурення неефективне. Тому у кожному конкретному випадку бурильник повинен досвідченим шляхом встановити, який із способів віробуріння є найкращим, і застосовувати цей спосіб.

Очищати зонди від ґрунту можна витяганням через подовжній виріз, вибиванням, витискуванням за допомогою відкидних крюків (в процесі підйому інструменту), вібрацією зонду, сполученого з підвішеним на крюку і включеним в роботу віброзанурювачем.

При зустрічі дрібних валунів і невеликих твердих прослоїв ґрунту, істотно уповільнюючих процес поглиблення, рекомендується повертати буровий інструмент вручну (за годинниковою стрілкою).

При бурінні насипного ґрунту, що є суцільним шаром битої цеглини, пробити який звичайним віброзондом не представляється можливим, використовують спеціальні пикобури. Пикобуром спочатку пробивають в насипному шарі отвір, а потім цей отвір розширюють віброзондом. Великі труднощі представляє буріння насипного ґрунту, що містить обрізаня гуми. В цьому випадку також слід застосовувати пикобури.

При бурінні свердловин в ґрунтах, що обводнюють, на бурильні труби нерідко налипає велика кількість бруду і шламу. Очищати їх вручну і незручно, і скрутно. Для цього застосовують спеціальний шарнірний очисник з гумовою манжетою. Останній надівають на бурильну трубу і при її підйомі утримують руками.

## 7. Вібраційно-обертальне буріння

Вібраційно-обертальне буріння при інженерно-геологічних дослідженнях рекомендується застосовувати в комбінації з вібраційним. Воно ефективне при глибині свердловини більш 15м, коли механічна швидкість чисто вібраційного буріння різко знижується, при проходці насипних, галечних для валуна і мерзлих ґрунтів, а також твердих прослоїв ґрунту.

Процес вібраційно-обертального буріння аналогічний вібраційному. Поглиблення свердловини ведеться без промивання і без продування. Як інструмент використовують зонди звичайної або спеціальної конструкції (з привареними до них подовжніми смугами) діаметром 108, 127, 146 і 168 мм. Примусовий тиск на забій не виявляється. Віброзанурювач працює в тому ж режимі, що і при вібраційному бурінні. Як віброзанурювач рекомендується використовувати вібромолот ВБ-7М з підвищеною занурюючою здатністю. Частота обертання інструменту повинна знаходитися в межах 40-80 про/хв. Довжина рейсу залежно від порід складає 0,5-2 м. При бурінні слабообводнених щільних порід у свердловину допускається підливати невелику кількість води.

#### 8. Буріння погрузними пневмопробойниками

Для буріння свердловин в ґрунтах за допомогою пневмопробойників можна використовувати будь-які бурові установки, що мають засоби для спуску і підйому буровою снарядами.

Як джерело повітря рекомендуються пересувні компресори з подачею не менше 6 м<sup>3</sup>/мін при нормальному тиску не менше 0,6 МПа. Подача повітря в пневмопробойник може здійснюватися двома способами: через гумовий шланг і через бурильні труби. Перший спосіб рекомендується при бурінні свердловин завглибшки не більше 10 м. При цьому способі спуско-подъемні операції проводять за допомогою каната, приєднаного до амортизатора через вертлюжну скобу. При використанні бурильних труб останні мають бути обладнані вертлюгом-сальником.

Так само, як і при віробурінні, процес поглиблення свердловини пневмопробойниками складається з рейсів, що чергуються. Відповідальним моментом на початку буріння є забурювання свердловини. Щогла бурового агрегату має бути встановлена строго вертикально, а сам агрегат надійно закріплений від можливих горизонтальних зміщень. При забурюванні має бути забезпечений заданий вертикальний напрям руху зонду, для чого використовують спеціальний обертальний елемент. На ряду установок для цього можна застосовувати обертач (ротор), а за наявності рухливого обертача або взагалі за відсутності обертача встановлюють спеціальний кондуктор.

Повітропровідний шланг перед початком буріння має бути акуратно укладений біля гирла свердловини щоб уникнути заплутування і продутий. Перед бурінням пневмопробойник випробують на неодруженому ході.

Для полегшення включення в роботу пневмопробойник рекомендується запускати на зниженому, тиску. Після забивання зонду приблизно на 0,5 м пневмопробойник зупиняють і перевіряють правильність забурювання свердловини. У всіх випадках при забурюванні снаряд необхідно підтримувати лебідкою.

Довжину рейсу при пневмоударном бурінні встановлюють досвідченим шляхом для кожного конкретного майданчика. Оптимальна довжина рейсу знаходиться в межах 0,5-1,5м незалежно від глибини свердловини. При великій довжині рейсу може статися прихват інструменту на забої. Для збільшення довжини рейсу доцільно періодично відривати снаряд від забою, підводити на де-

яку висоту і потім знову опускати на забій. Пневмопробойник при цьому слід вимикати (щоб уникнути випадання керна).

При бурінні в щільних, в'язких і сухих глинах і суглинках рекомендується у свердловину періодично підливати (через " гирло) в невеликій кількості воду (2-3 л за рейс).

Прихоплений на забої інструмент також можна витягати пневмопробойником.

Якщо як зонди використовуються суцільні колонкові труби (без прорізу), витягати керн можна витискуванням стислим повітрям, для чого на буровому снаряді має бути обладнаний спеціальний штуцер, до якого може бути приєднаний повітропровідний шлангах.

### § 9. Буріння піщано-гравійних і галечних для валуна ґрунтів

Дослідникам добре відомо, наскільки великі труднощі виникають при бурінні рихлих порід з твердими уламковими включеннями. Мало того, що сам процес буріння надзвичайно ускладнений, утворювана свердловина вимагає безперервного закріплення стінок обсадними трубами, занурення яких в цих породах також зв'язане зі значними труднощами. Для буріння свердловин використовують наступні способи: колонковий з промиванням глинистим розчином, медленновращательний, грейфер (зокрема, буровою установкою УБСР- 25) і ударно-канатний суцільним забоєм (особливо ефективна для цих цілей установка БУГ- 75 з механізованим ходінням обсадних труб).

Найбільші складнощі при бурінні порід з уламковими включеннями виникають за наявності в їх складі валунів. При цьому необхідність якісного випробування таких товщ змушує або взагалі відмовлятися від буріння свердловин і дослідження вести за допомогою проходки шурфів, або бурити свердловини великого (не менше 0,5 м) діаметру в основному способом грейфера. Відомі і застосовуються чотири способи видалення валуна із ствола свердловини : поступове оголення валуна від рихлого заповнювача і наступне його витягання, захоплення валуна інструментом в процесі поглиблення свердловини і витягання його разом із заповнювачем, відтиснення (втискування) валуна в стінки свердловини; повне руйнування валуна і витягання його по частинах.

Що стосується останнього способу, то можна виділити два різновиди: а) руйнування валуна після його часткового або повного оголення за допомогою сильних ударів або за рахунок використання електрогідравлічного ефекту, вибухової речовини, якого-небудь іншої імпульсної дії; б) руйнування в процесі буріння свердловини (при колонковому бурінні це може бути просто вибурування керна у валуні, при ударно-канатном бурінні - часткове або повне руйнування валуна на дрібні шматки і шлам). Найбільший практичний інтерес представляють другій і третій способи. Руйнування валуна-процес досить трудомісткий, вимагаючий часу, а часто і використання спеціального устаткування. Проте цей спосіб широко практикується на дослідженнях, для чого використовуються звичайні верстати ударно-канатного буріння і існуючий інструмент (пірамідальні і хрестові долота).



Зміщення валуна убік або захоплення нею забивною склянкою можливий, якщо буровий снаряд обладнаний спеціальним конусним зміщуючим наконечником, так званим випереджаючим конічним елементом.

Необхідність створення такого інструменту обумовлена самою практикою бурових робіт. Наприклад в Мосгоргеотресте буріння свердловин в будівельному смітті з уламками битої цегли, залізними лозинами і т. д. здійснюють таким чином. Спочатку за допомогою спеціального пикобура на усю товщу, що містить тверді включення, вібротолотом пробивають пилот-скважину, а потім вже звичайним віброзондом свердловину розбурюють і відбирають зразки. Ці дві операції можуть бути поєднані в одну, якщо черевик віброзонда (склянки) оснастити випереджаючим конічним елементом.

Автором спільно з Д. И. Павловим запропонований такий черевик (Рис. 8.2). Використання черевика забезпечує ефективне буріння свердловин в товщах піщано-гравійних і галечних для валуна порід. Дрібні валуни і галька входять у вікна черевика, а потім в склянку, а більші валуни зміщуються до стінок свердловини за рахунок ущільнення ґрунту. Досвідчена партія ударних снарядів, оснащених черевиками з випереджаючим конічним елементом, випущена УЭРМЗ Гідропроєкту.

Як відзначалося, буріння свердловин в крупнообломочних породах, як правило, вимагає безперервного закріплення стінок свердловини обсадними трубами. Зазвичай труби занурюють забиванням, при цьому колону в нижній частині оснащують або зубчастим, або циліндричним загостреним черевиком. Використання таких черевиків за наявності в геологічному розрізі великої гальки і валунів неефективно.

Автором спільно з Ю. А. Арсентьевим з метою зниження лобового опору і створення найбільш сприятливих умов для проникнення колони в товщу порід, що містять тверді включення, запропоновано змінити традиційну геометричну форму породоразрушаючого черевика і виконати його у вигляді порожнистого циліндра, пересіченого площиною, нахиленою під деяким

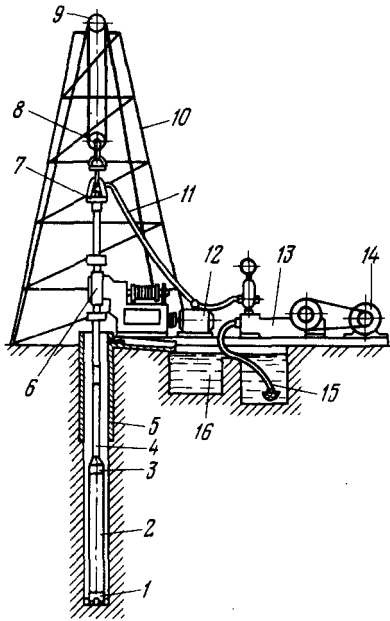


Рис. 3.1. Принципова схема колонкового буріння з прямим промиванням:

1 - породоразру танучий інструмент; 2 колонкова труба; 3 - перехідник; 4 - бурильні труби; 5 обсадних труб; 6 - буровий верстат; 7 - вертлюг-сальник; 8 талевий блок; 9 - кронблок; 10 -вишка; 11 - напірний шланг; 12 - електродвигатель верстата; 13-насос; 14-електродвигатель насоса; 15 - всмоктуючий шланг; 16 -отстойники

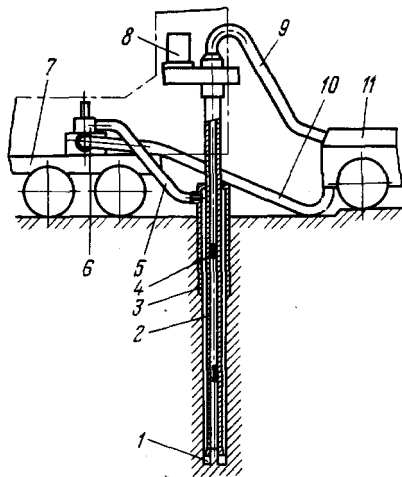
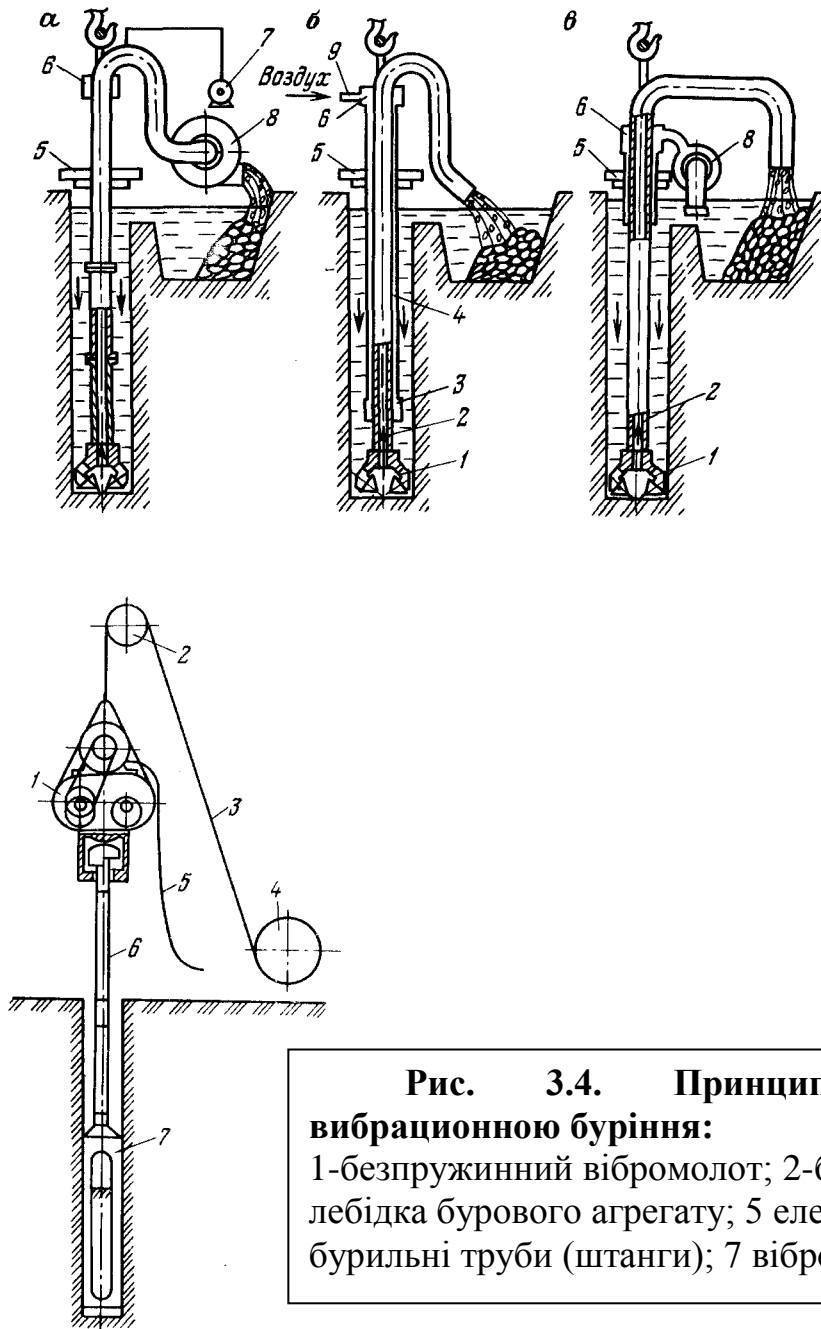


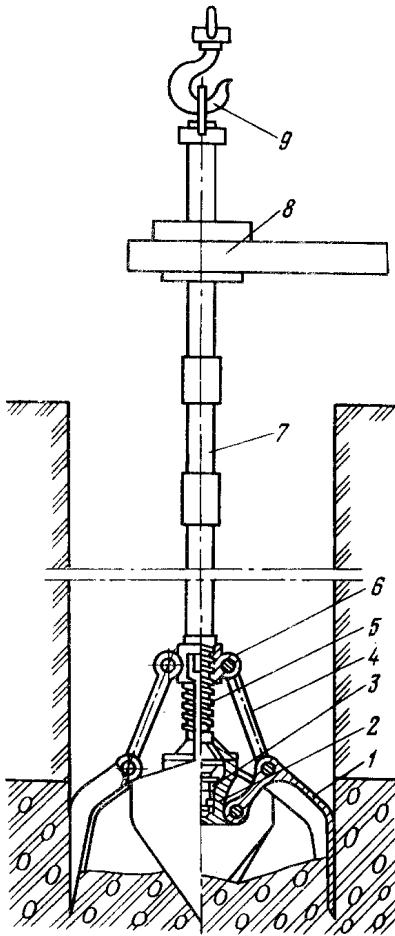
Рис. 3.2. Принципова схема колонкового буріння з гідротранспортом керна :

1-породоразрушающий інструмент; 2 - бурильні труби; 3-обсадні труби (кондуктор); 4-керна, що транспортується; 5-нагнітальний шланг; 6 - насос; 7-бурова установка; 8 - обертач; 9-відвідний шланг; 10-всмоктуючий шланг; 11-керноприемное пристрій з місткістю для промивальної рідини



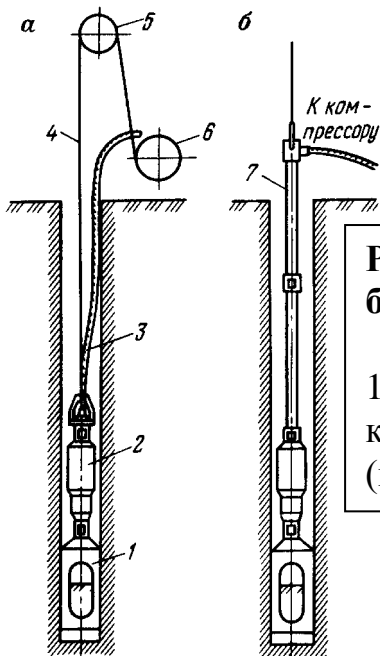
**Рис. 3.3. Принципова схема роторного буріння із зворотним промиванням:**  
а-центробежним насосом; б-эрлифтом; у - ежекторним (водоструминним) насосом; 1 - долото; 2 - бурильні труби; 3 - змішувач ерліфта; 4 - подвійна труба; 5 - обертач (ротор); би - вертлюг; 7 вакуумний насос; 8 - відцентровий насос; 9 - шланг для подачі стислого повітря. Стрілками показаний напрям руху рідини.

**Рис. 3.4. Принципова схема ударно-вібраційною буріння:**  
1-безпружинний вібротомолот; 2-блок щогли; 3 - канат; 4 лебідка бурового агрегату; 5 електричний кабель; 6 - - бурильні труби (штанги); 7 віброзонд



**Рис. 3.5. Принципова схема буріння грейфера напірним грейфером :**

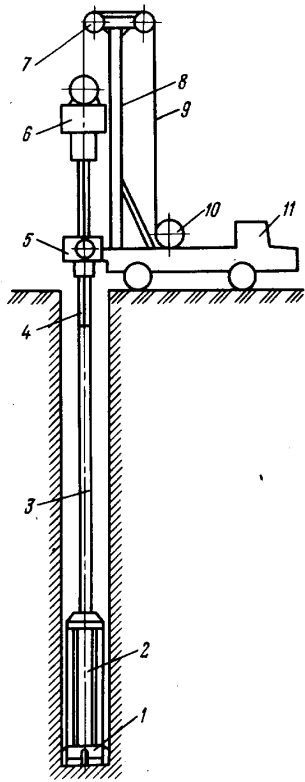
1 - щелепи грейфера; 2 - корпус; 3 - підшипник;  
4 - тяга; 5-ходовий гвинт; 6 муфта; 7 бурильних труб;  
8 - обертач; 9 -крюк



**Рис. 3.6. Принципова схема пнев-мударного буріння погрузним пневмодобойником:**

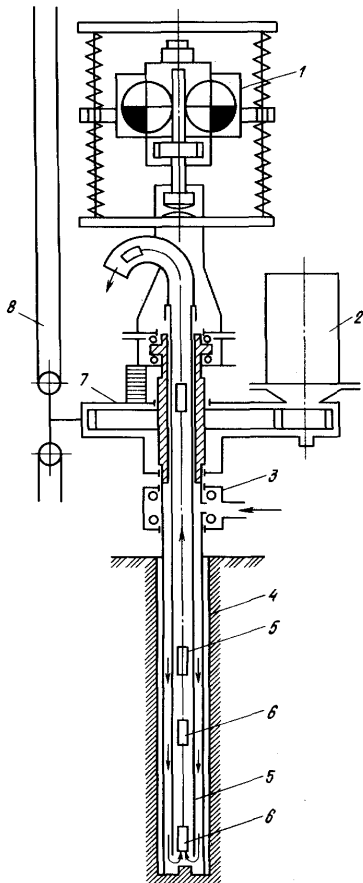
*а-на канаті; б-на штангах;*

1-стакан; 2-пневмодобойник; 3 - повітропровід; 4- канат; 5-блок щогли; 6-лебедка; 7 бурильних труб (штанги)



**Рис. 3.7. Принципова схема вібраційно-обертового буріння :**

1 - породорозрушаючий інструмент (коронка); 2-колонкова труба (зонд); 3-бурильні труби; 4-провідна труба; 5 -вращатель; 6-вібропогружач; 7-блок; 8-мачта; 9-канат; 10-лебедка; //-базовий автомобіль



**Рис. 3.8. Принципова схема ударно-вібраційно-вращательного буріння з гідротранспортом або пневмотранспортом керна :**

1-пружинний вібромолот з пристроєм для завдання ударів зверху вниз і від низу до верху; 2-гідро двигун обертача; 3-сальник; 4 зовнішня колона труб; 5-внутрішня колона труб; що 6-транспортується потоком рідини або повітря керна; 7-рухливий обертач; 8 - механізм подачі. Стрілками показаний напрям руху промивальної рідини або повітря

Колонкове бурення-один з найбільш широко поширених способів проходки свердловин.

Основні переваги колонкового буріння : універсальність, тобто можливість проходки свердловин майже в усіх різновидах гірських порід, можливість отримання керна з незначними порушеннями природного складання ґрунту, порівняно великі глибини буріння, наявність великого парку високопродуктивних бурових верстатів, що випускаються промисловістю, як самохідних, так і стаціонарних, хороша освоєність технології буріння та ін.

Істотні недоліки колонкового буріння з точки зору можливості його широкого використання на інженерних дослідженнях: малий діаметр свердловин, який у багатьох випадках не дозволяє проводити Гідрогеологічні дослідження і випробування ґрунтів штампами, в усіх породах отримувати 100% -ний вихід керна і якісні зразки рихлого ґрунту для лабораторних досліджень і т. д.

Буріння "насухо" (без подачі у свердловину води і без ходіння снаряда) - найбільш поширений різновид колонкового буріння при дослідженнях. Хоча воно носить назву буріння "насухо", проте реалізується за наявності у свердловині води або з подливом останньою.

Медленновращательное буріння. Суть його полягає в тому, що свердловину поглиблюють інструментом різального типу шляхом того, що зрізає із забою суцільної стружки. При проходці свердловини цим способом використовують звичайні, переважно самохідні, верстати для колонкового буріння, а як породоразрушаючого інструмента-ложковие і спіральна бура, т. е- інструмент для ручного обертального буріння. Якісна геологічна документація при цьому способі буріння ускладнена. Технологія цього буріння відрізняється простотою.

Шнекове буріння-різновид обертального буріння. Особливість способу полягає в тому, що процеси поглиблення свердловини і видалення продуктів руйнування шнековим транспортером в нім поєднані.

Переваги шнекового способу : висока механічна швидкість буріння, незначні витрати часу на монтажні-демонтажні роботи і допоміжні операції, порівняно великий діаметр свердловин; відсутність потреби у воді для промивання. Недоліки: велика витрата потужності і обмежена сфера застосування, трудність проведення якісної геологічної документації.

Гвинтове буріння (чи буріння загвинчуванням) при дослідженнях застосовується рідко. Суть його полягає в тому, що гвинтовий породоразрушаючий інструмент загвинчують в ґрунт, а потім витягають на поверхню. При цьому розміщений на лопатях інструменту ґрунт зрізається по бічних поверхнях. Спосіб можна використовувати тільки в дуже рихлих і м'яких ґрунтах (или, сапропелі і т. д.).

Обертальне буріння суцільним забоем (роторне буріння) при інженерних дослідженнях застосовується тільки для буріння гідрогеологічних свердловин на воду. Для проходки власне інженерно-геологічних свердловин цей спосіб не використовується, оскільки він не забезпечує належної інженерно-геологічної інформації про ґрунти. Роторний спосіб дозволяє бурити свердло-

вини будь-якого діаметру, практично на будь-яку необхідну глибину і в будь-якому по фортеці породах. Свердловини можна бурити з прямою і зворотним промиванням, а також з продуванням стислим повітрям. Особливо ефективно

73

роторне буріння при проходці рихлих порід із зворотним промиванням всмоктуючим способом або за допомогою ерліфта.

Ударно-канатне буріння суцільним забоем-достаточно вивчений і добре освоєний спосіб проходки свердловин. Його використовують для буріння гідрогеологічних свердловин і свердловин на воду<sup>1</sup>. Для буріння власне інженерно-геологічних свердловин його застосовують тільки за наявності великих товщ галечних для валуна ґрунтів, де використання інших способів буріння у край ускладнене або неможливе. Звичайне ударне буріння суцільним забоем ведуть з безперервним зануренням обсадних труб. Цей спосіб малопродуктивний (не більше 3-4 м/зміну). Якісна геологічна документація при цьому способі практично неможлива.

Ударно-канатне буріння кільцевим забоем-один з найширше вживаних способів проходки свердловин (до 35%). Основні переваги: простота технології, задовільна якість геологічної документації, порівняно висока продуктивність (0,15 м/зміну). До недоліків способу відносяться неможливість проходки свердловин в скельних ґрунтах, мала довжина рейсу, неможливість відбору якісних монолітів в деяких ґрунтах.

Розрізняють два різновиди ударно-канатного буріння кільцевим забоем : з відривом інструменту і без відриву інструменту від забою. Перший різновид носить назву ключового способу, вторая-забивного. У особливий різновид виділяється желони-рование.

Усі три різновиди ударно-канатного буріння можна використовувати залежно від геологічного розрізу при проходці однієї і тієї ж свердловини, оскільки для усіх можуть бути застосовані одні і ті ж ударно-канатні верстати і вимагається зміна лише породоразрушаючого інструменту. Ключовий спосіб особливо ефективний в лесових породах.

Грейфер бурение-сравнительно новий спосіб проходки свердловин у вітчизняній практиці. Він розроблений в ЦНИГРИ для буріння свердловин при розвідці розсипних родовищ в складних геологічних умовах. Цей спосіб є різновидом ударно-канатного (чи ударно-штангового) буріння. Його використовують при проходці свердловин порівняно великого діаметру в галечних для валуна відкладеннях. Як породоразрушаючого інструмент при бурінні грейфера застосовують грейфери різних конструкцій.

Вібраційне (ударно-вибрационное) буріння належить до найбільш продуктивних способів проходки свердловин при інженерних дослідженнях (до 50-70 м/зміну). Суть його полягає в тому, що окрім вертикального статичного зусилля від віброзанурювача, як правило розташованого на поверхні, і бурового снаряда, по інструменту завдають ударів високої частоти або повідомляють йому зворотно-поступальний рух. Вібраційне буріння забезпечує отримання якісної геологічної документації досліджуваного розрізу. Недоліки вібраційного буре-

ня- обмежена сфера застосування по глибині свердловин і фортеці прохідних порід, низький відсоток чистого буріння (не більше 25%), трудомісткість процесу очищення бурових зондів.

Нині як віброзанурювач в більшості випадків використовують безпружинний вібромолот.

При інженерних дослідженнях віброзанурювачі можуть бути рекомендовані для буріння неглибоких (переважно до 15-20 м) свердловин в м'яких і рихлих породах, для занурення труб в процесі буріння свердловин, витягання труб, ліквідації аварій, пов'язаних з прихватом, заклинюванням або затиском інструменту на забої. Крім того, бурові установки, оснащені віброзанурювачами, можуть бути використані для проведення ударно-вібраційного зондування ґрунтів.

Вібраційний спосіб буріння свердловин в СРСР розроблений в НИИоснований, Гідропроєкті і Мосгоргеотресте. Найефективніше він використовується в Мосгоргеотресте. Його успішно застосовують також при проведенні морської розвідки.

Буріння електромагнітними пристроями індукційно-динамічного типу належить до нових способів буріння свердловин. Суть його зводиться до того, що інструмент занурюється в ґрунт під дією імпульсів, що повідомляються йому індукційно-динамічним приводом, розміщеним безпосередньо над інструментом. Реактивне зусилля при цьому сприймається інертною масою, розташованою над приводом. При бурінні цим способом застосовують снаряд із забійним двигуном, який спускають у свердловину і витягають з неї кабель-канатом. В принципі можливе паралельне намотування каната і кабелю на автономні лебідки. Спосіб розроблений Політехнічним інститутом м. Тольятті.

Пневмоударное буріння здійснюється за допомогою погрузних розвідувальних пневмоударників або погрузних пневмопробойників (у останньому випадку тільки в м'яких породах). При інженерно-геологічних дослідженнях використовують в основному погрузні пневмопробойники.

Суть способу полягає в тому, що породоразрушаючий інструмент занурюють у свердловину за допомогою розміщеного над ним погрузного пневмопробойника. Стисле повітря до пневмопробойнику подається по бурильних трубах (через сальник) або по шлангу. По продуктивності пневмоударное буріння не поступається вибрати-

75

онному і забезпечує високу якість отримуваної інформації про ґрунти. Пневмоударное буріння за допомогою погрузних пневмопробойників отримав свій розвиток на Уралі і в Туркменії. Погрузні і поверхневі пневмопробойники використовуються також для буріння горизонтальних і похилих свердловин під ґрунтові анкери.

Гідроударне буріння засноване на використанні погрузних гідроударників (з обертанням) в скельних породах і погрузних гідровібровозбудителів (без обертання) в м'яких породах. Останній спосіб принципово не відрізняється від буріння погрузними пневмопробойниками. Вибровозбудигели з гідравліч-



ним приводом працюють в ударно-вібраціонном режимі. Бурити можна як з обертанням, так і без обертання інструменту. При цьому забезпечується досить висока механічна швидкість буріння. Недолік способу з точки зору можливості використання його при інженерно-геологічних изисканиях-необходимость мати на буровій установці насос і достатню кількість води. Спосіб розроблений в Донецькому політехнічному інституті.

Колонкове буріння з безперервним винесенням керна потоком промивальної рідини застосовують при розвідці ряду родовищ корисних копалини. У ВКВ ВПО "Союзгеотехника" розроблено спеціальне устаткування для буріння свердловин цим способом. Діаметр отриманого керна 34-38 мм. Цей спосіб дозволяє не лише істотно підвищити продуктивність праці, але і досягти майже 100% -ного винесення керна. Для реалізації способу вимагаються велика кількість води і спеціальний робітник для укладання керна. Продуктивність способу до 300 м/зміну.

Вібраційно-обертальне буріння-також один з прогресивних способів буріння інженерно-геологічних свердловин, тому що породоразрушаючому інструменту, окрім ударних імпульсів, одночасно повідомляється обертальний рух. Основна перевага цього способу полягає в тому, що воно, зберігаючи усі позитивні якості вібраційного буріння, істотно розширює сферу його застосування як по глибині свердловин, так і по фортеці прохідних ґрунтів. Якщо сфера застосування вібраційного буріння обмежується породами I - IV категорій по буримості, то за допомогою вібраційно-обертального буріння можна проходити свердловини в породах V - VI категорій по буримості. Спосіб розроблений кафедрою механіки МГРІ спільно з ПГО "Уралге-ология" і Свердловським машинобудівним заводом ім. Злодійського.

Вібраційно-обертальне буріння є винесенням керна потоком повітря або промивальної рідини в СРСР поширення не отримав, проте він досить успішно застосовується в зарубіжній практиці. Зокрема, у Франції фірмою "Форако" розроблена і успішно використовується в будівельних, інженерно-геологічних і гідрогеологіческих цілях комплексна установка для ударно-вібраціонного, ударно-вібраціонно-вращательного і обертального буріння свердловин з прямою і зворотним промиванням, продуванням і з безперервним винесенням керна зворотним потоком повітря або промивальної рідини. Роботи із створення аналогічного устаткування початі в нашій країні. Зокрема, ці роботи проводилися ВКВ ВПО "Союзгеотехника", а останнім часом ПГО "Центргеология" спільно з кафедрою механіки МГРІ ім. Серго Орджонікідзе. Не виключено, що при відповідному обґрунтуванні способи буріння з винесенням керна промивальним агентом або стислим повітрям можуть бути використані і для проходки інженерно-геологічних свердловин.

Існує безліч інших способів буріння, у тому числі вибуховий, гідромонітор, ультразвук, термоядерний, електродуга і інші, проте якою-небудь практичного застосування при дослідженнях вони не мають. Це відноситься також до реактивного, огнесгуйного і лазерного способам буріння.

По даним за 1985 р. об'єми буріння свердловин в 250 дослідницьких організаціях СРСР складають (у %) : колонковим способом "насухо" - 33, колонковим з промивкой- 2, ударно-канатним кільцевим забоем- 33, ударно-канатним суцільним забоем- 4, шнековим- 12, вібраційним- 4, медленновращательним- 3, ручним ударно-вращательним- 9.

### Рекомендації по вибору різних бурових верстатів і установок

Основні чинники, що визначають вибір бурової установки- цільове призначення, глибина буріння, кінцевий діаметр свердловин, характер і властивості прохідних ґрунтів, природні умови місцевості (рельєф, рослинність, клімат та ін.).

Вибрана бурова установка має бути достатньою мірою ефективною технічно і економічно, мати хорошу транспортабельність (у разі великих габаритних розмірів і маси - можливістю розбирання на окремі транспортабельні блоки, а у разі самоходності - високою прохідністю, маневреністю, достатньою швидкістю пересування), у разі потреби забезпечувати можливість буріння декількома способами, укомплектовуватися надійним в роботі і зручним в зверненні буровим і допоміжним інструментами, забезпечувати простоту проведення ремонту, можливість обслуговування мінімальним числом робітників з незначною витратою ручної праці, зручність, простоту і безпеку роботи.

Вибір бурових установок повинен визначатися умовами проведення бурових робіт, у тому числі завглибшки і діаметром свердловин. Не рекомендується використовувати установки для умов, не відповідних їх параметрам. При виборі типу бурового верстата по транспортабельності необхідно умовами виробництва бурових робіт (таблиця. 2.3).

Таблиця 2.3. Характеристика різних умов виробництва бурових робіт і типи рекомендованих бурових верстатів по транспортабельності

Умови робіт	Короткий опис природних, кліматичних і економічних особливостей району робіт	Умови під'їзду транспортом	Типи рекомендованих бурових верстатів по транспортабельності
Легені	Рівнинні, майже безлісі райони, слабопересеченная місцевість, міські і сільські райони з густою дорожньою мережею, помірний клімат	Можливий під'їзд автотранспортом будь-якої прохідності без складних підготовчих дорожніх робіт	Самохідні (на базі автомобіля, рідше на базі трактора), такі, що перевозяться, рідше стаціонарні і переносні
Середні	Місцевість пересічена, невеликі лісові масиви і кущі, велика віддаленість від автомобільних і залізничних доріг і населених пунктів; суворий різко континентальний клімат	Можливий під'їзд автотранспортом з високою прохідністю при пристрої тимчасових під'їзних доріг або транспортом на гусеничному ході	Самохідні (на базі трактора), такі, що перевозяться, стаціонарні і переносні
Важкі	Тайгові і гірські райони, райони Крайньої Півночі, віддалені області при сильно пересіченій місцевості і суворому кліматі	Під'їзд звичайними видами транспорту (за винятком в'ючного, вертольота, аеросаней і т. д.) практично неможливий. Місцевість, доступна пішоходам	Переносні: стаціонарні і такі, що розбираються на окремі транспортабельні блоки масою не більше 50-120 кг
Особливі	Акваторії портів, шельфові зони морів і океанів, русла річок, сильно заболочені райони, підземні гірські вироблення, місця з дією високих і низьких температур, знижених і підвищених тисків і т. д.	Необхідно використовувати особливі види транспорту (плавучі засоби, підйомники, барокамери і т. д.). Пішоходам район робіт не доступний	Стаціонарні, рідше самохідні спеціальній конструкції або що мають спеціальну комплектацію

Вибраний тип установки повинен найбільшою мірою зважати на специфіку робіт цієї конкретної організації. Слід прагнути, щоб організація була укомплектована трьома-чотирма марками однотипних верстатів. В цьому випадку істотно спрощується ремонтне обслуговування, створюються сприятливі передумови для спеціалізації бурових бригад, і отже, підвищення продуктивно-

сті праці, покращуються організація і проведення бурових робіт. Слід також враховувати можливість використання вибраних установок для проведення інших видів робіт (польових досліджень ґрунтів за допомогою навісного устаткування, буріння свердловин великого діаметру спеціальним буровим інструментом і т. д.).

При інженерно-геологічних і гідрогеологічних дослідженнях можна використовувати несерійні верстати і установки.

При виборі марки верстата або установки для буріння інженерно-геологічних свердловин залежно від глибини свердловин, прохідних ґрунтів і умов проведення робіт можна керуватися таблицею 4.10. У таблиці вказано тільки устаткування, що серійно випускається.

Таблиця 4.10. Рекомендовані верстати і установки для буріння інженерно-геологічних свердловин

Призначення і глибина свердловин	Умови проведення робіт					
	Легені		Середні		Важкі	
	Переважаючі ґрунти в районі робіт					
	Скельні	Нескельні	Скельні	Нескельні	Скельні	Нескельні
Зондувальні 1-5м	УКБ- 12/25, УКБ-12/25С	КМ - 10, УКБ- 12/25 УКБ-12/25С	УКБ- 12/25	КМ - 10, УКБ- 12/25	УКБ- 12/25	КМ- 10 УКБ- 12/25
Зондувальні і розвідувальні 5-30 м	УКБ- 12/25, УКБ-12/25С, БСК-2М 1-100 УПБ- 100, УГБ-1ВСГ	УПБ-15М, БУЛИЗ- 15 АВБ-2М УГБ-1ВСГ, ЛБУ- 50, ВАС- 75, БУГ- 75, УПБ- 100	УКБ- 12/25, БСК-2М 1-100, УПБ- 100, ВАС- 75	УПБ-15М УПБ- 100, ВАС- 75	УКБ- 12/25, БСК-2М- 100, УПБ- 100	УПБ- 100
Розвідувальні 30-100м	БСК-2М 1-100 УПБ- 100 УКБ- 200/300	УГБ-1ВСГ, ЛБУ- 50, КГК- 100, БУГ- 75, УПБ- 100, УРБ-2А2	БСК-2М 1-100, УПБ- 100, УШ-1Т, ВАС- 75	БУГ- 75, УПБ- 100, УШ-1Т, УШ-2Т, ВАС- 75	БСК-2М 1-100, УПБ- 100	УПБ- 100
Розвідувальні 100м	УКБ-200/300С	УРБ-2А- 2, УКБ- 200/300С, УКБ-500С	УКБ- 200/300	УКБ- 200/300, СКБ- 4	УКБ- 200/300	УКБ- 200/300