

ЛЕКЦІЯ 3 ТЕХНОЛОГІЯ ЗВЕДЕННЯ ФУНДАМЕНТІВ ТА ЗЕМЛЯНИХ СПОРУД.

Зміст

3.1 Коротка характеристика, застосування.

3.2 Влаштування глибоких бурових опор та опір із тонкостінних залізобетонних оболонок

3.3 Технологія зведення підземних споруд методом «стіна і ґрунт».

3.4 Закріплення земляних споруд струменевою технологією.

3.5 Технологія влаштування баретних фундаментів

3.1 Коротка характеристика, застосування.

Розвиток великих міст-мегаполісів у даний час при щільній міській забудові та гострому дефіциті вільних територій для будівництва, неможливий без освоєння підземного простору. Зарубіжний досвід свідчить, що для забезпечення стійкої рівноваги і комфортного проживання в мегаполісі частка підземних споруд від загальної площі об'єктів, що вводяться, повинна становити 20...25%.

Тим часом, під землею можна розміщувати до 70% всіх гаражів, 80% складських приміщень, 50 % архівів і сховищ і 30% об'єктів сфери послуг. Провідні фахівці відзначають, що інтенсивне освоєння підземного простору буде основною тенденцією в ХХІ сторіччі за перенаселення великих міст і необхідності створення нового середовища існування людей. З'явився навіть спеціальний термін, який підкреслює масштабність підземного будівництва – підземна урбаністика.

В даний час у великих містах Японії, Китаю, Англії, Італії, Франції, Швеції, Норвегії, США та інших країн підземний простір інтенсивно

розвивається і вже накопичений значний досвід будівництва підземних об'єктів.

В даний час визначилися три основних напрямки використання підземного простору: системи підземного транспорту, будівництво підземних автостоянок і гаражів на урбанізованих територіях; будівництво будівель у стиснутих або обмежених умовах, а також екологічне та енергозберігаюче будівництво заглибленого обвалованого житла за межами міста, що знижує тепловтрати приміщень і витрати на підтримку мікроклімату будівлі в регіонах як з холодним, так і з жарким кліматом.

Заглиблені (підземні) споруди є особливим типом будівель, що різко відрізняються від розглянутих вище наземних будівель. Головна їх особливість полягає в тому, що вони завжди виконуються з кам'яних матеріалів (частіше залізобетонних), мають суцільний фундамент і кругову гідроізоляцію; всі їх конструкції зазвичай рівноміцні та рівнодовговічні, виключаючи гідроізоляцію. Підземні будівлі та споруди можуть бути розділені на три великі групи: цивільного, виробничого та спеціального призначення. Тим не менш, величезна їх різноманітність (сьогодні відомо понад 40 напрямів використання підземного простору) і постійне вдосконалення, імагає більш детальної класифікації.

Сучасні підземні об'єкти можна класифікувати:

За призначенням:

- житлово-цивільні – житлові будівлі, підземні поверхи і фундаменти житлових і громадських будівель, які закладаються на глибину до 30 м, адміністративні будівлі та центри;
- підприємства торгівлі та громадського харчування – торговельні зали та підсобно-допоміжні приміщення кафе, їдалень, ресторанів, торговельні кіоски, магазини, торговельні центри та ринки;
- культурно-розважальні та спортивні – кінотеатри, виставкові зали, музеї, клуби, спортзали, плавальні басейни, громадські центри;

- навчально-виховні споруди – школи, училища, вузи, навчальні та наукові центри;

- транспортні – підземні переходи під вулицями, станції та тунелі метрополітенів; підземні автомагістралі, гаражі та автостоянки, транспортні центри, вокзали та інші споруди, які закладаються на глибині до 25...30 м;

- об'єкти комунально-побутового обслуговування та зв'язку – майстерні, лазні, пральні, пошти, телефонні станції, ощадкаси, ательє, комбінати побутового обслуговування, торгово-побутові центри;

- промислові – підземні поверхи і фундаменти промислових будівель, скіпові ями, колодязі для дробильних цехів збагачувальних комбінатів, бункерні ями; технологічні галереї, тунелі та ін.;

- об'єкти складського господарства і сховища – холодильники, продуктові та промислові склади, овоче- та книгосховища, резервуари, архіви;

- об'єкти інженерного обладнання – трубопроводи (тунелі) водопостачання, каналізації, теплопостачання, газопостачання, водозабори та насосні станції; підземні очисні споруди; дренажні колектори тощо;

За ступенем заглиблення Тетиор О.Н. поділяє на:

- напівзаглиблені (обваловані);

- неглибокого (звичайно не нижче 10 м від денної поверхні) закладання;

- глибокого закладання (як правило, глибше 10 м).

При заглибленні будівлі його освітлення зазвичай повинне бути природним. Будинки проектуєть з *освітленням*:

- природним боковим;

- природним, що влаштовується через вікна з приямками, внутрішні дворики;

- з верхнім zenітним через прорізи або ліхтарі в покрівлі;

- з комбінованим природним, разом зі світловодами, розсіювачами;

- з повністю штучним.

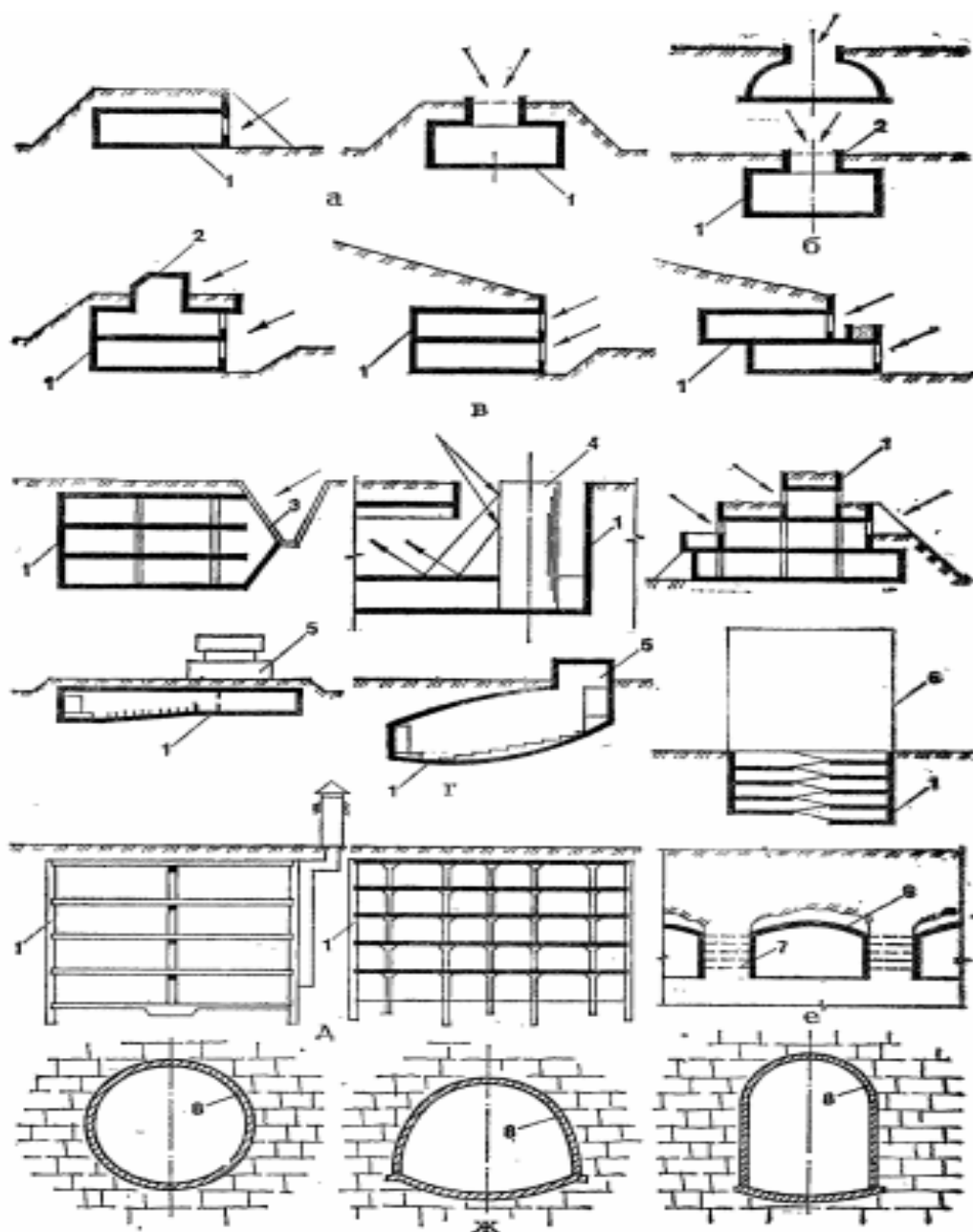


Рисунок 3.1 - Схеми житлових, громадських і виробничих будівель: а ... в – житлові, відповідно напівзаглиблені, мілко закладання і на схилах; г – громадські; д – виробничі багатоповерхові; е, ж – те ж, відповідно в гірничій виробі й глибокого закладання; 1 – будівля, 2 – шахта для введення освітлення; 3 – вікно; 4 – циліндр, що відображає денне світло; 5 – вхід в кінотеатр; 6 – наземна частина будівлі; 7 – армування цілика породи; 8 – обробка

За конфігурацією:

- лінійні, що складаються тільки з однієї протяжної стіни (підпірні стіни, стрічкові фундаменти глибокого закладання та ін.);
- лінійно-протяжні, що мають дві протяжні огорожувальні стіни, зазвичай паралельні одна одній (галереї, колектори для суміщеної прокладки інженерних мереж, тунелі з вертикальними стінами та ін.) ;
- споруди колодязного типу з вертикальними стінами – круглі, прямокутні і багатокутні в плані (підземні поверхи будівель, підвали, бункерні ями, насосні станції та станції метро та ін.).

За умовами розташування підземні будівлі проектують окремо розташованими над незабудованими і під забудованими ділянками, а також входять до складу наземних будівель; *за конструктивними рішеннями* – каркасними і безкаркасними, одно- і багатоповховими, одно- і багатопрогоновими.

За способом спорудження – відкритим, опускним, закритим і за допомогою спеціальних технологій та обладнання (заморожування, водозниження тощо)

Заглиблені споруди залежно від геологічних умов і глибини закладення здійснюють різними способами, основними з яких є «стіна в ґрунті», відкритий спосіб та спосіб опускного колодязя.

Згідно ДБН В.2.1.-2018 «Основи та фундаменти» п 7:

7.1.1 Котловани для влаштування підземних і заглиблених споруд відкритим способом слід проектувати з урахуванням фундаментів споруд в плані, глибини закладання, додаткового навантаження на поверхню ґрунту, наявності існуючої забудови і недопущення зміни її технічного стану, РГВ та його зниження на період виконання будівельних робіт, можливих заходів щодо покращення фізико-механічних характеристик несучого шару основи згідно ДСТУ-Н Б В.2.1-32: 2014 «Настанова з проектування котлованів для улаштування фундаментів і заглиблених споруд».

7.1.2 Котловани проектують з укосами чи вертикальними стінками, які утримують спеціальними інженерними заходами, згідно ДБН А.3.2.2-2009

«Охорона праці і промислова безпека в будівництві». Укоси, стіни і дно котлованів повинне бути надійно захищені від недопустимих деформацій, зсувів, обвалень, впливу ґрунтових та поверхневих вод.

7.1.4 Нахил незакріплених укосів котлованів при однорідних ґрунтах з врахуванням навантаження на боти необхідно визначити згідно з ДСТУ – Н В.2.1-28:2013 «Настанова щодо проведення земляних робіт та улаштування основ і фундаментів».

7.1.6 Вертикальні кріплення стінок котлованів проектують постійними чи тимчасовими на період улаштування підземної частини споруди. Постійні кріплення проектують, як самостійні утримуючі конструкції або такі що входять до складу основної споруди згідно з ДСТУ-Н Б.В.2.1-31:2014 «Настанова з проектування підпірних стін».

7.1.7 При проектуванні котлованів в умовах ущільненої забудови слід передбачати заходи захисту існуючих споруд шляхом: – улаштування огорожувальних конструкцій котлованів із металевих профілів, паль чи «стіни в ґрунті» з урахуванням інженерно-геологічних умов будівництва, впливу на існуючу забудову виносу ґрунту з основи існуючих споруд, динамічних навантажень на оточуючі споруди, тимчасового або постійного зменшення несучої здатності основ і фундаментів існуючих споруд, несприятливих змін гідрогеологічних умов території тощо; – виконання додаткового захисного екрану (геотехнічного бар'єру) із паль вдавлюваних, бурових малого діаметра або металевих профілів для зменшення впливу споруди, що зводиться, на основу існуючої споруди. – зменшення впливу нового будівництва на існуючу забудову за допомогою інженерних заходів, вибір яких здійснюється за результатами розрахунків додаткових осідань і деформацій при влаштуванні котлованів, заглиблених нижче ніж підшва існуючих фундаментів.

7.1.8 Проектування огорожувальних конструкцій котловану в умовах складного рельєфу (схили, зсувонебезпечні території) слід виконувати з урахуванням можливості розвитку глибинних зсувів.

7.1.9 Тимчасові та постійні кріплення глибоких котлованів, для яких встановлюють вимоги до їх переміщень, необхідно розраховувати з урахуванням послідовності виконання робіт, величини і характеру навантажень.

У будівельній галузі, а також у комунальній, енергетичній, сільськогосподарській та інших галузях широко застосовується бурова техніка. Розглянемо деяку з них.

Китайська бурова техніка позиціонується ближче до бюджетного доступного класу на відміну від західного обладнання.



Рисунок 3.2 - **XCMG** бурове обладнання з Китаю (роторна бурова уніфікована машина с грейфером)

Машини оснащуються потужними і надійними двигунами Cummins американського і китайського виробництва (і деякі - Volvo або Isuzu) потужністю від 116 до 641 кВт. Ротори установок з керованим електронікою гідроприводом розвивають крутний момент від 80 до 793 кН.м і максимальним зусиллям здавлювання від 100 до 600 кН. Машини виконують буріння свердловин у ґрунтах будь-якого типу діаметром до 4600 мм і глибиною до 150 м для спорудження буронабивних паль. Застосовуються різні технології: штанга Келлі, нескінченний шнек, подвійний ротор з повним витісненням ґрунту і заглибленим молотом.

Компанія Liebherr (Німеччина) випускає роторні бурові установки серії LB і комбіновані палебійні та бурові установки серії LRB. Машини здатні виконувати буріння за різними технологіями: з келлі-штангою, з

нескінченним шнеком, з витісненням ґрунту, двороторним бурінням, з вологим перемішуванням ґрунту і пневмоударним.

У складі серії LB машини експлуатаційною масою від 55 до 155 т, які здатні бурити свердловини глибиною до 120 м буровим інструментом діаметром до 4500 мм, розвиваючи при цьому крутний момент до 510 кН.м. Лінійка комбінованих палубієвих і бурових установок серії LRB охоплює техніку масою від 50 до 108,8 т, здатну бурити свердловини глибиною до 63 м буровим інструментом діаметром до 2000 мм, розвиваючи при цьому крутний момент до 450 кН.м. методом.

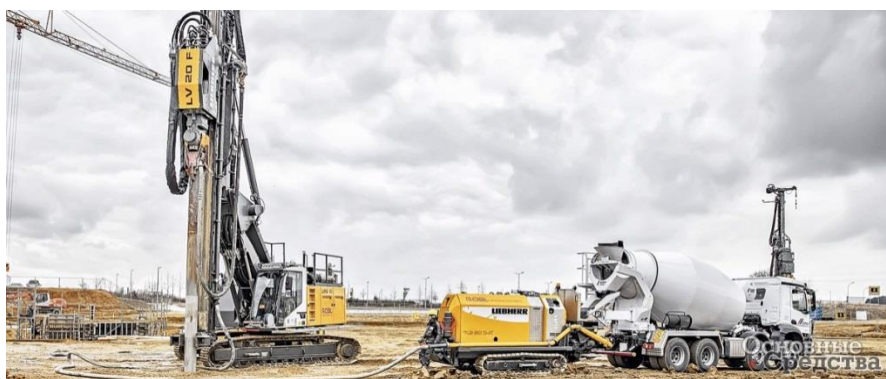


Рисунок 3.3 - Бурова установка серії LRB

Установки буріння серії BG і MBG. Бурові установки BG виконують буріння за технологією в обсадній трубі зі штангами Келлі та за технологією з нескінченним порожнистим шнеком, подвійною голівкою для малих діаметрів, подвійною голівкою для великих діаметрів, з витісненням ґрунту, зі змішуванням. Вони можуть пробурити свердловину глибиною до 100 м і діаметром до 3 м. В установках серії BG застосовуються щоглові пристрої великої довжини і додаткові механізми на лебідці, що збільшують тягу пристрою. Установки розвивають крутний момент до 721 кН.м, бурять свердловини глибиною до 125 м і діаметром до 4600 мм, оснащуються двигунами потужністю до 709 кВт, максимальна висота підйому становить до 38,5 м.



Рисунок 3.4 – Бурова установка Bauer MBG24 з обсадним столом CO-1500-03 виробництва PTC ERDE TOOLS

Італійська компанія Soilmec S.p.A. - один з найбільших у світі виробників бурового обладнання. На сьогодні під маркою Soilmec випускаються багатофункціональні та фундаментні бурові установки, обсадні машини і бурові комплекси для кранів на автомобільних і гусеничних шасі. Бурові установки використовують технології буріння безперервним шнеком (CFA), з келлі-штангою (LDP), з розкачувачем (DDS), з подвійним обертачем (Double Head), перемішуванням ґрунту і "Турбоджет" (TURBOJET).



Рисунок 3.5 – Бурова установка Soilmec S.p.A та обладнання з полегшеними двохстінними обсадними трубами $\varnothing 610$ мм виробництва PTC ERDE TOOLS на обладнанні TesCar CF4

Фундаментні бурові установки Soilmec серії SR можна зарахувати до класу універсальних, адже їх спроектовано для роботи за різними сучасними

технологіями - буріння з келлі-штангою, з обсадною трубою, буріння безперервним шнеком CFA, з розгойдувачем FDP, за технологією TurboJet, перемішування ґрунту. До складу серії входять установки масою від 28 до 145 т, з двигунами потужністю від 116 до 470 кВт, розвивають крутний момент від 100 до 435 кН.м. Бурять свердловини глибиною до 121 м і діаметром до 3500 мм.

3.2 Влаштування глибоких бурових опор та опір із тонкостінних залізобетонних оболонок

Фундаменти у вигляді *глибоких бурових опор* зводяться в тих випадках, коли до будівель чи споруд пред'являються підвищені вимоги стосовно надійності основи або об'єкт своєю конструкцією та масою призводить до значних зосереджених навантажень на ґрунти основ, або має підвищену чутливість до нерівномірних осадок, ґрунтових коливань тощо.

Для забезпечення спирання фундаментів від вказаних будівель чи споруд на нестиковані породи ґрунтів, їх потрібно заглиблювати на значні глибини. Конструктивно глибокі бурові опори - це вертикальні чи похилі заглиблені стовпчасті конструкції, аналогічні буронабивним палям (рис. 3.6). Здебільшого глибокі бурові опори мають циліндричну форму в плані. Діаметр їх сягає 0,8-4,0 м, глибина - 100 м і більше. Глибокі бурові опори можуть мати розширені п'яти до 5,0 м. В основному глибокі бурові опори використовуються як фундаменти мостових споруд, опор висотних споруд, фундаментів висотних та просторових будівель.

Відомі в практиці технології зведення глибоких бурових опор, передбачали їх заглиблення в ґрунт під захистом обсадних труб або в середовищі збиткового тиску глиняного розчину.

Зведення глибоких бурових опор в обсадних трубах здійснюється аналогічно влаштуванню буронабивних палей. Після проведення підготовчих робіт приступають до розроблення ґрунту за допомогою грейферного ковша

в обсадній трубі. Спочатку в ґрунт занурюють обсадну трубу. Під час розроблення ґрунту нижній кінець труби має бути нижче від забою свердловини приблизно на 2,0 м. Забой зачищується шнековим буром або грейферним ковшем. Згодом стовбур палі формується з бетонної суміші, піднімаючись по бетонолитній трубі під напором.

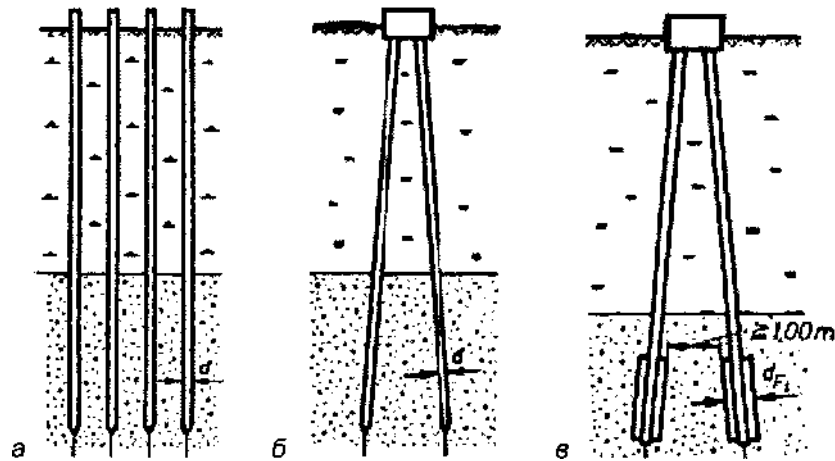


Рисунок 3.6 - Принципові схеми глибоких бурових опор: а - вертикальні палі; б - похилі; в - похилі з розширеними п'ятами

Технологічну схему влаштування глибокої бурової опори в обсадній трубі наведено на рис. 3.7

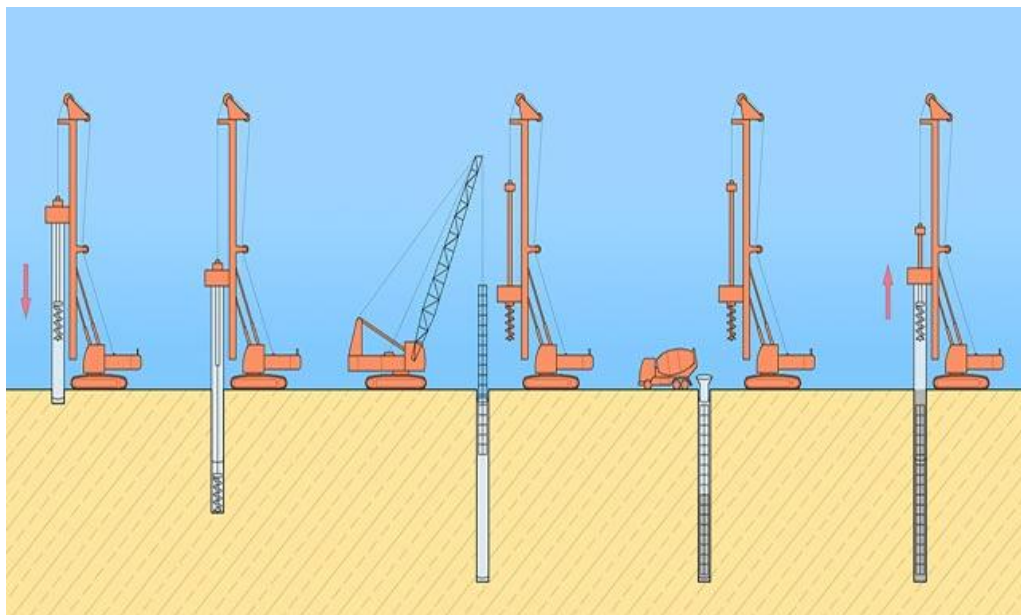


Рисунок 3.7 - Схема влаштування глибокої бурової опори в обсадній трубі: а - занурення обсадної труби та розбурювання ґрунту свердловини; б - установлення арматурного каркаса; в - укладання бетонної суміші; г - видалення обсадної труби

Глибокі бурові опори найефективніше влаштовуються за допомогою спеціальних комплексних агрегатів, які здійснюють буріння, занурення та видалення обсадної труби, видалення розроблених порід та бетонування конструкції. Послідовність окремих процесів показано на рис. 3.8.



Рисунок 3.8 - Процеси влаштування бурових опор: а - встановлення обсадної труби; б - встановлення арматурного каркаса в порожнину труби; в - бетонування стовбура глибокої бурової опори; г - зрубівання оголовків опор

Щоб забезпечити проектний захисний шар бетону, на арматурний каркас установлюють додаткові зовнішні кільця та спрямовуючі у вигляді поздовжньої арматури. Після бетонування стовбура палі, оголовки зрубуються відповідно до проектних відміток.

Одним з відомих прикладів сучасного використання глибоких бурових споруд - є фундаменти будівлі «Тайбей 101» на острові Тайвань. Під будівлю висотою 508 м було влаштовано 380 паль в вигляді глибоких бурових опор глибиною близько 80 м. При чому останні 40 м опор були влаштовані в скельних породах. Завдяки застосуванню глибоких бурових опор зведена

будівля хмарочосу є однією з найбільш безпечних для експлуатації в світі. При цьому, як відомо, острів Тайвань вирізняється частими шквалами та землетрусами. Влаштовані глибокі бурові опори здатні витримати землетрус такої потужності, яка можлива лише один раз на 2500 років.

Глибокі бурові опори можуть зводитись в умовах вологих ґрунтів та у водоймах.

У водоймах попередньо може створюватися штучний острів, на якому роботи виконуються за наведеною вище технологією. Роботи можуть виконуватися також із попередньо обладнаних наплавних засобів, барж, понтонів (рис. 3.9). У такому випадку обсадні труби виконують роль конструктивної опалубки для влаштування залізобетонних паль.



Рисунок 3.9 - Влаштування глибокої бурової опори у водоймі

Не залежно від прийнятого технологічного обладнання при зведенні глибоких бурових опор потрібно керуватися технологічними правилами, які слід відобразити в проекті виконання робіт (ПВР):

- при нарощуванні арматурного каркаса в свердловині його поздовжні стрижні мають стикуватися з перепуском не менше ніж 30 діаметрів при арматурі періодичного профілю та 50 діаметрів при гладкій арматурі;
- щоб підвищити жорсткість арматурних каркасів, уздовж них через 1,5-2 м установлюють зовнішні кільця з арматури такого самого діаметра, що й поздовжні стрижні;

- перерва між закінченням бурових робіт і бетонуванням у нестійких ґрунтах не має перевищувати 8 годин;
- для забезпечення проектного захисного шару до кілець жорсткості приварюють фіксувальні коротуни (рис. 3.10, а). Для каркасів похилих опор замість коротунів до поздовжніх стрижнів приварюють полозки з кутикової сталі чи з арматурних стрижнів (рис. 3.10, б).



Рисунок 3.10 - Арматурні каркаси для глибоких бурових опор: а - з фіксувальними коротунами; б-зі спрямовуючими кутиками; **1** - стрижні поздовжньої арматури

Технологія процесу бетонування стовбура методом вертикально пересувної труби (ВПТ) повинна відповідати вимогам підводного бетонування.

Влаштування глибоких бурових опор під тиском глиняного розчину виконується в умовах достатньо щільних, глинистих ґрунтів та невеликої глибини. Технологічна послідовність виконання робіт передбачає:

- буріння свердловини з одночасним заповненням її глиняним розчином. Буріння в глиняному середовищі дає змогу витіснити розроблений ґрунт та частково якби штукатурити стінки свердловини;
- установку в свердловину арматурного каркаса;
- укладання бетонної суміші. Бетонна суміш укладається методом вертикально пересувної труби (ВПТ) (рис. 3.11). Для цього на дно свердловини опускається бетонолитна труба діаметром 200-300 мм в яку через приймальну лійку подається бетонна суміш. Бетонна суміш витісняє

глиняний розчин, який перетікає в приймальну яму. Інтенсивність бетонування становить близько 4-х м/год. Після повного бетонування конструкції верхній забруднений шар бетону зрубується й бетонується заново, як за звичайних умов.

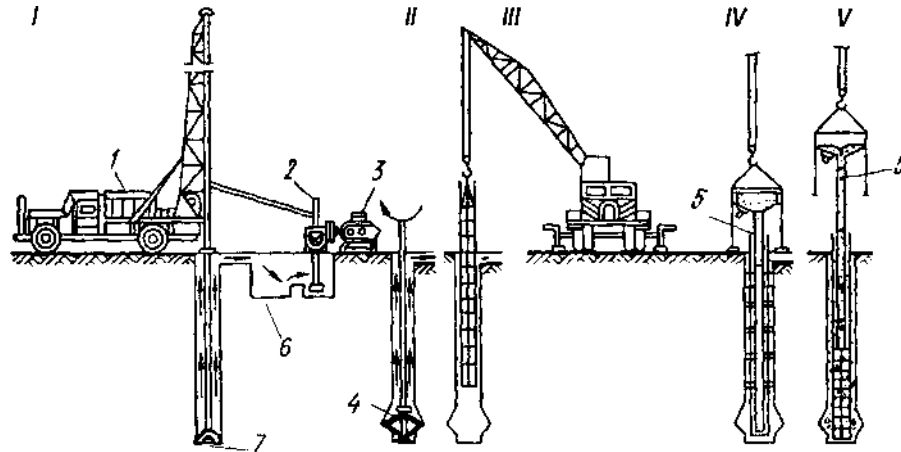


Рисунок 3.11 - Технологічна схема зведення глибокої бурової опори під шаром глинистого розчину: I - буріння свердловини з подачею глинистого розчину; II- пристрій розширення п'яти опори; III - установлення арматури; IV- установка бетонолитної труби; V- бетонування свердловини; 1 - бурова установка; 2- змішувач глинистого розчину; 3 - насос; 4 - розширювач; 5 - бетонолитна труба з приймальною лійкою (бункером); 6-приямок для пульпи (глиняного розчину); 7-свердловина.

Глибокі бурові опори можуть влаштовуватися у вигляді **тонкостінних залізобетонних оболонок**. Такі конструкції ефективно використовувати при слабких ґрунтах, коли опору необхідно встановити на міцні шари ґрунтів основ.

Для фундаментів застосовують металеві й залізобетонні оболонки, що збираються із секцій довжиною до 12 м, діаметром до 4,5 м. Оболонки заглиблюють **загвинчуванням, вібруванням і вдавленням**. Способи ці аналогічні застосовуваним при зануренні паль і різняться лише устаткуванням, що використовується. Перевагою фундаментів зі збірних тонкостінних оболонок є індустриальність їх виготовлення й можливість механізувати процеси занурення. У багатьох випадках такі фундаменти заміняють опускні колодязі й кесони. Трохи менша несуча здатність

фундаментів-оболонки компенсується можливістю обладнання з них кутових опор, поєднаних загальним залізобетонним ростверком.

Залізобетонні циліндричні оболонки звичайно занурюють вібраційним і віброударним способами. Оболонки малого діаметра (до 1...1,2 м) занурюють пароповітряними молотами одиночної і подвійної дії, дизельними штанговими і трубчастими молотами.

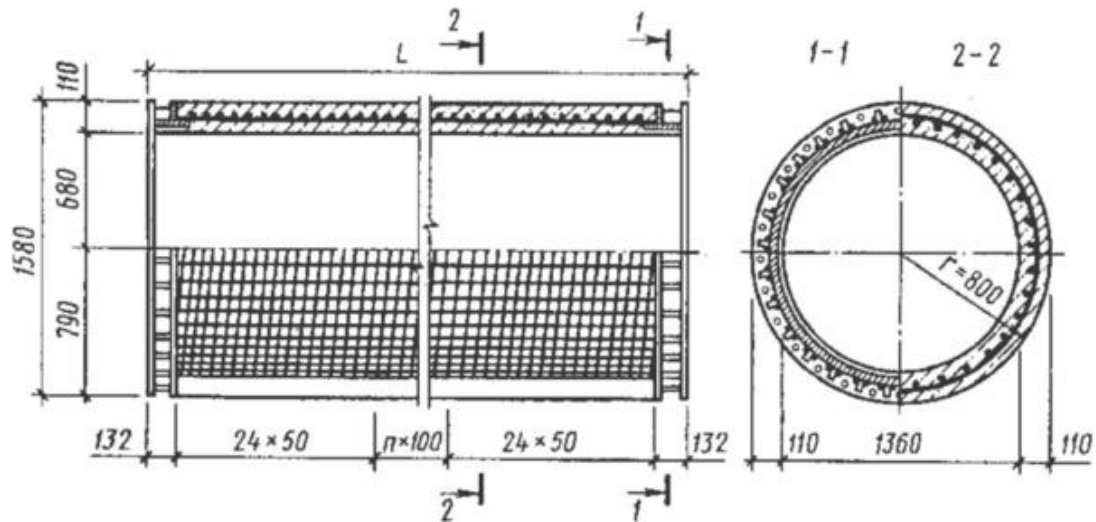


Рисунок 3.8 - Конструктивна схема залізобетонної оболонки.

Найкращими типами стиків є зварний, що застосовується для попереднього складання на будівельному майданчику, і фланцевий на болтах, що використовується для нарощування оболонок у процесі занурення.

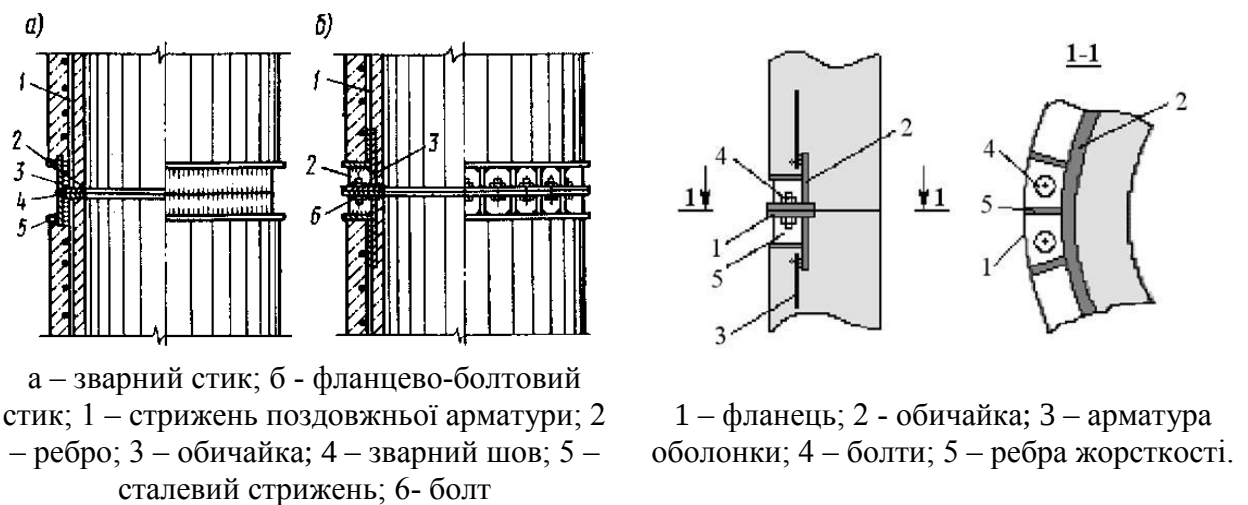


Рисунок 3.9 - Стиki секцій оболонок:

Технологія зведення бурової опори у вигляді оболонки передбачає:

- підготовчі роботи: обладнання елементів будівельного господарства; геодезичну розбивку місця зведення;
- укрупнене збирання оболонки;
- заглиблення оболонки в ґрунт;
- розроблення та виймання ґрунту з порожнини оболонки;
- розбурювання скальної основи;
- установку арматури;
- укладання в свердловину бетонної суміші;
- влаштування ростверку.

Принципову схему влаштування опори з оболонки наведено на рис. 3.10.

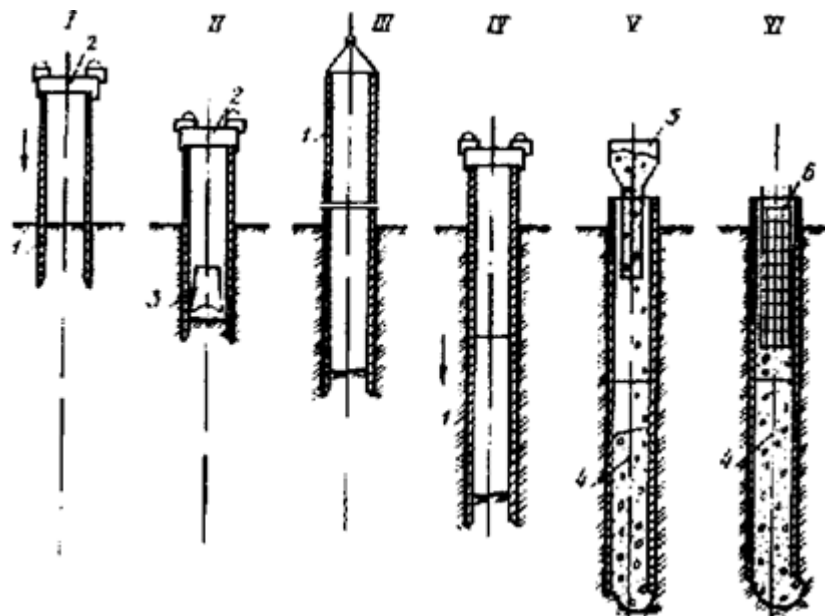


Рисунок 3.10 - Технологічна схема зведення глибоких опор з тонкостінних оболонок: I - занурення першої ланки оболонки; II - виймання ґрунту з порожнини оболонки; III - нарощування наступної ланки оболонки; IV - заглиблення оболонки; V - бетонування порожнини оболонки; VI - готова опора; 1 - оболонка; 2 - віброзанурювач; 3 - грейфер; 4 - бетон; 5 - приймальна лійка; 6 - арматурний каркас

Перед заглибленням оболонку піднімають і встановлюють у необхідне положення. Віброзанурювач оболонок складається з циклів, що чергуються: осаджування оболонки і видалення з її порожнини ґрунту. Ґрунт видаляють після того, як припиняється заглиблення оболонки внаслідок зростання опору

утвореного ґрунтовим ядром. Після видалення ґрунту занурення відновлюють. Із збільшенням заглиблення оболонки різко зростає опір, і занурення сповільнюється. Для полегшення занурення застосовують підмив або видаляють ґрунт із порожнини оболонки до рівня ножа, а іноді і нижче нього.

При заглибленні оболонок необхідно вжити заходи щодо запобігання утворенню тріщин у бетоні. Для цього у верхній частині оболонки по її зовнішньому контуру під час виготовлення встановлюють захисні кільця. Оберігають оболонки від руйнування і спеціально сконструйовані наголовники. Надійне обтиснення оболонки в наголовнику запобігає появі тріщин у бетоні верхньої частини оболонки. Віброзанурювач має бути щільно прикріплений до оболонки. При цьому наголовник, за допомогою якого віброзанурювач з'єднується з оболонкою, повинен швидко встановлюватися і зніматися. Застосовують наголовники з фланцевим з'єднанням на болтах, а також такі, що самозаклинюються, з клиновим або цанговим пристроєм.

Віброзанурення оболонок ведеться по потоковій технології, для чого в роботі одночасно мають знаходитися не менше чотирьох оболонок, на кожній з яких послідовно виконують одну з операцій: встановлення оболонки, нарощування чергової секції, кріплення до оболонки віброзанурювача та її занурення, витягування ґрунту з оболонки.

Найбільш трудомісткою операцією є розробка і витягування ґрунту з порожнини оболонок. Піски і слабкі пилувато-глинисті ґрунти розробляють і витягають пневматичними і гідравлічними ежекторами-ерліфтами та гідроелеваторами без попереднього розмиву або механічного руйнування ґрунтів.

Піщані ґрунти, крихкі та середньої щільності, рекомендується видаляти ерліфтом або грейфером до рівня ножа оболонки. Пилувато-глинисті ґрунти з показником текучості $I_L < 0,75$ припускається розробляти нижче рівня ножа на глибину до 4м. Для розробки пилувато-глинистих ґрунтів із $I_L < 0,5$

найбільш продуктивним є обертальний спосіб буравлення. Інші ґрунти добре розробляються грейфером. У деяких випадках в основі оболонок влаштовують розширення шляхом розбурювання порожнин універсальними розпушувачами або камуфлетним способом.

Бетонування порожнин оболонок виконують методами, застосовуваними при влаштуванні глибоких бурових опор.

Перед бетонуванням порожнин оболонок забій очищають від шламу. Для цього в оболонці діаметром більше 1,5 м користуються підмивним пристроєм з приймальним бункером. Очищення виконують 10...15 хв.

Для подачі жорстких бетонних сумішей рекомендуються бетонолитні труби діаметром 200...300 мм із стінкою завтовшки 6...10 мм. До нижньої ланки бетонолитної труби жорстко закріплюють два майданчикові вібратори ИВ-60-16 для полегшення руху суміші по трубі, ущільнення її і витягування труби з укладеної суміші. Інтенсивність укладання суміші крізь труби діаметром 200мм - 4,5...5 м³/год., діаметром 300 мм - 10...11 м³/год. Жорсткі суміші укладають із дотриманням наступних вимог: у свердловини на початку бетонування при відключених вібраторах бетонолитної труби укладають шар бетонної суміші з осадкою конуса 18...20см на висоту не менше 1 м, а потім подають малорухому суміш з осадкою конуса 6...12 см при включених вібраторах. Рівень бетонної суміші слід постійно підтримувати на рівні приймальної лійки, змінюючи заглиблення труби в бетонну суміш і періодично включаючи при цьому вібратори. Максимальне заглиблення труби з працюючими вібраторами припускається не більше 10 м. Якщо запланована перерва між вкладанням чергових порцій суміші більша за 1 год., то трубу при працюючому вібраторі необхідно підняти, залишивши заглиблення її низу в покладену суміш не більше 2 м. Змушена перерва бетонування не повинна перевищувати 1,5 год.

Увага! Марка бетонної суміші за легкоукладальністю. Легкоукладальність – технологічна властивість бетонних сумішей різної консистенції (жорсткої, густої, рідкої), яка характеризує

здатність суміші заповнювати форму (або опалубку) та ущільнюватися під час бетонування виробів і конструкцій. Марка бетонної суміші за легкоукладальністю— умовне позначення ступеня рухливості суміші за осадкою конуса (П1, П2, П3, П4, П5) і ступеня жорсткості (Ж1, Ж2, Ж3, Ж4) за часом вібрування (в секундах) при випробуванні в стандартному приладі. Жорсткість бетонної суміші (Ж)— ступінь легкоукладальності бетонної суміші, яка не має рухливості.

При бетонуванні опор методом ВПТ особлива увага повинна бути приділена забезпеченню інтенсивності і безперервності подачі бетонної суміші. Після закінчення бетонування порожнин оболонки влаштовують монолітні ростверки.

Методи контролю якості зведення фундаментів глибокого закладання залежать від типу фундаменту і технології його зведення.

При зведенні бурових стовпів для контролю якості робіт, в основному, використовують ті ж методи, що і при влаштуванні буронабивних паль. Перед бетонуванням пробурені під бурові опори свердловини повинні бути очищені від шламу і ґрунту, що накопичуються на дні.

Бурові стовпи можуть мати дефекти у випадку порушення технології їх влаштування у вигляді вивалів ґрунту стінок свердловин, зсуву арматурного каркаса, неякісного заповнення свердловин бетонною сумішшю та ін. Дефекти бурових опор небезпечні через значну складність контролю якості забетонованих конструкцій.

При бетонуванні стовпів недостатньо рухливою сумішшю можливі випадки розірвання суцільності бетону стовбура внаслідок зависання суміші на бетонолитній трубі, що підіймається. Для запобігання зависання необхідно застосовувати литі бетонні суміші, якщо вони укладаються без віброущільнювача, а малорухомі суміші слід вкладати з віброущільнювачем.

При підготуванні оболонки до занурення використовують їх огляд на складі з метою виявлення й усунення виколів бетону і деформацій

закладених стикових елементів. Викол бетону усувають шляхом зачищення і забивання цементним розчином ушкоджених місць.

В процесі занурення оболонок необхідно контролювати: правильність встановлення і закріплення направляючих пристроїв; відхилення від проектного положення заглиблених оболонок; якість оболонок і їхнього стикування при укрупненому збиранні або нарощуванні в період заглиблення; наявність у порожнині оболонок ґрунтового ядра на останньому етапі їх заглиблення. Особливу увагу слід звертати на виключення випадків порушення стиків у процесі заглиблення оболонок.

Охорона праці та промислова безпека, згідно ДБН А.3.2-2-2009 п11 та інші.

3.3 Технологія зведення підземних споруд методом «стіна і ґрунт».

Влаштування заглиблених споруд, стін, фундаментів у водонасичених ґрунтах, відкритим способом пов'язане з суттєвими витратами. Також суттєві витрати викликають роботи в умовах ущільненої забудови, наявності розвинутої мережі комунікацій, поблизу або всередині діючих підприємств або функціонуючих інших будівель і споруд. Такі умови ускладнюють виконання земляних робіт раціональними методами. Через це одним з варіантів раціональної технології виконання робіт з улаштування фундаментів чи інших заглиблених споруд є *спосіб «стіна в ґрунті»*.

Сутність його полягає в тому, що під захистом глинистої (тиксотропної) суспензії (розчину) утворюють вузьку траншею з вертикальними стінками, а потім заповнюють її бетоном, залізобетоном або збірним залізобетоном. Гідростатичний тиск глинистого розчину запобігає обваленню ґрунту стін і проникненню ґрунтових вод у траншею. Цей спосіб дає змогу значно скоротити обсяги земляних робіт, звільняє від необхідності водозниження, запобігає руху ґрунтових вод, що забезпечує збереження стійкості основ прилеглих будівель та споруд.

Спосіб «стіна в ґрунті» використовують при зведенні підземних частин промислових, енергетичних і цивільних будівель, гідротехнічних, транспортних і комунальних інженерних споруд. Такий спосіб дає можливість влаштовувати фундаменти і підземні споруди практично будь-якої глибини (4-50 м і більше). Зазвичай глибина конструкцій обмежується можливостями застосовуваної землерийної машини. Ширина траншеї може бути 0,2-1,2 м, що також обмежується наявними в будівництві механізмами. За функціональним призначенням споруди, що зводяться способом «стіна в ґрунті», поділяються на несучі, огорожувальні та протифільтраційні.

При зведенні конструкцій метод «стіна в ґрунті» в різних умовах виконуються наступні основні технологічні процеси:

- буріння одиночних свердловин насухо у стійких ґрунтах, а в нестійких – під глинистою суспензією або із застосуванням обсадних труб з використанням відповідно шнекових, ударних або обертальних (лопатових та шарошечних долот) бурового обладнання;
- розробка коротких траншей під глинистою суспензією способом свердловин, що січуться;
- розробка горизонтальними шарами зверху вниз під глинистою суспензією коротких траншей окремими захватками через одну грейферами або довгих траншей піонерним способом, тобто відразу на всю глибину з безперервним нарощуванням довжини траншеї (зворотною лопатою, драглайном, багатоковшевим або штанговим екскаватором, а також бурофрезерними машинами);
- улаштування монолітних стін у ґрунті окремими секціями з матеріалів, що твердіють (бетон, залізобетон) або піонерним посипанням матеріалами, що не твердіють (глиноґрунтових, при необхідності у поєднанні з плівками);
- улаштування збірних залізобетонних стін із плоских, ребристих, коробчастих панелей іноді в комбінації з колонами.

На основі цих процесів у практиці будівництва застосовується кілька варіантів влаштування конструкцій способом «стіна в ґрунті»:

- у вигляді буронабивних паль, що перетинають (частково) одна одну або буросекучих паль;
- зі збірних або монолітних залізобетонних конструкцій;
- струменевою технологією влаштування ґрунтоцементних паль.

Один з поширених варіантів є зведення монолітної «стіни в ґрунті» з *буронабивних паль, що перетинають одна одну*, які влаштовуються послідовно. Технологія виконання цих робіт передбачає буріння свердловин за допомогою бурових установок і одночасне заглиблення обсадних труб або подачу в свердловину глинистого тиксотропного (бентонітового) розчину. Після вилучення бурової штанги в свердловину укладають арматуру і бетонну суміш методом вертикально пересувної труби (ВПТ) (рис. 3.11). При цьому буріння свердловин може здійснюватися суцільною траншеєю або з розривами через одну.

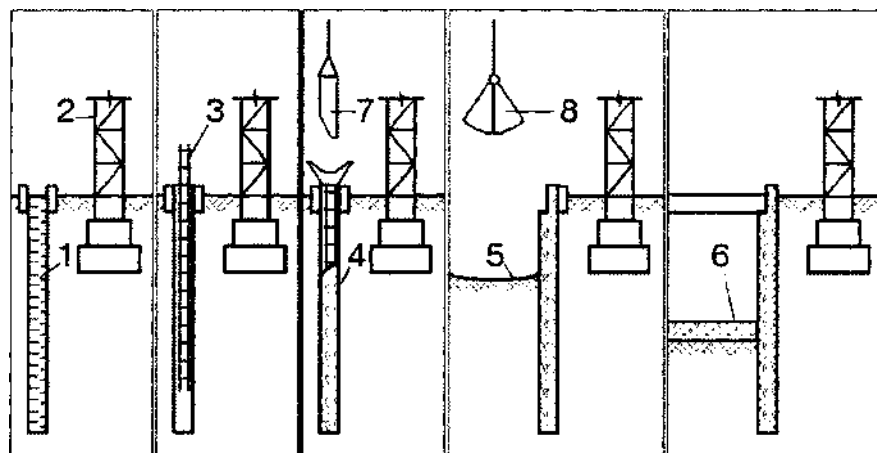


Рисунок 3.11. Схема виконання робіт зі зведення конструкцій способом «стіна в ґрунті»: 1 - свердловина; 2 - існуюча будівля, споруда; 3 - установка арматурного каркасу; 4 - бетонування стіни; 5 - забетонована стіна; 6 - установка розпірних балок

Буросікучі палі (БСП) відносяться до виду буронабивних пальових опор, що широко використовуються для передачі значних зусиль на щільні

шари ґрунту на велику глибину. У готовому вигляді фундамент схожий на справжню стіну із суцільного бетону, розташовану у ґрунтовому масиві (рис. 3.12). БСП виготовляються безпосередньо в готовій свердловині без застосування динамічних впливів. Опори встановлюють суцільними рядами, частково перекриваючи кожен сегмент сусіднього елемента.



Рисунок 3.12 – Конструкція фундаменту зведена способом «стіна в ґрунті»:

Улаштування буросікучих паль відноситься до розряду складних технологічних процесів, що вимагають попередніх розрахунків та точної послідовності етапів робіт. Виконання повного комплексу технічних умов гарантує високу результативність технології, що застосовується.

В основі технології БСП лежить принцип заповнення пробурених свердловин бетонною сумішшю. Для забезпечення міцності кожному другу опору підсилюють просторовим каркасом із сталевих арматурних стрижнів. Розмір поперечного перерізу пальової конструкції становить від 04 до 15 метрів. Найчастіше застосовують опори перетином від 0,6 до 0,75 метра. Буросікучі конструкції встановлюються на відстані, що дорівнює 90% діаметра, наприклад, палі діаметром 0,6 метра монтують з кроком $0,6 \text{ м} \times 0,9 = 0,54 \text{ метра}$. Таке невелике зрушення при діаметрі 60 см призводить до часткового перекриття тіла паль кожним наступним пальовим елементом, що забезпечує їх зчеплення між собою.

Розміри поперечного перерізу, висота і глибина спирання палі, залежать від особливостей проектного рішення.

Для розуміння улаштування буросекучих паль пронумеруємо їх по порядку, починаючи з одиниці (рис.3.13). Спочатку розмічається місце буріння. На прямій лінії, по якій будуть розміщені конструкції, відзначаються центри майбутніх елементів на відстані один від одного, що дорівнює 90% від діаметра самих паль.

Далі буряться та формуються палі з непарними номерами 1, 3, 5, після їх готовності між елементами №1 та №3 буриться свердловина під палю №2 у яку встановлюється арматура та заливається бетоном, далі здійснюється перехід до буріння палі №7 (за цей час конструкція №5 дійде до готовності) і після завершення улаштування елемента №7 виконується робота з улаштування палі №4. І так далі робота виконується за циклом.

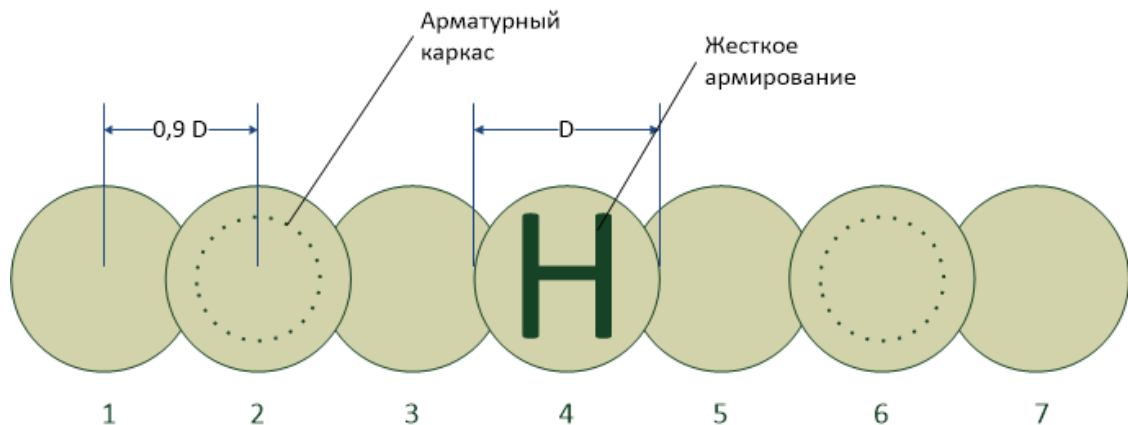


Рисунок 3.13 – Послідовність заглиблення паль

У результаті ми отримуємо стіну з буронабивних паль, причому з хорошими властивостями гідроізоляції, тому що відстань між центрами елементів менша за їх діаметр і вони на 10% «перекривають» один одного.

Армуються лише парні палі, тому що у непарних елементів відсікаються по 10% з кожного боку. Товщина даної стіни дорівнюватиме діаметру паль і може змінюватися в межах від 620 до 1000 міліметрів.

До переваг використання буросікучих паль відносяться:

1) Відсутність ударних та сильних вібраційних впливів на ґрунт – це дозволяє виконувати будівництво котлованів, у тому числі і зі значною глибиною у безпосередній близькості від промислових та цивільних будівель.

2) Необов'язковість виконання робіт щодо зниження рівня ґрунтових вод.

3) Середня вартість конструкцій.

4) Використання цієї технології на різноманітних видах ґрунтових порід.

5) Палі, що зводяться можуть бути захищені від обсіпання стінок свердловини за рахунок використання обсадних труб.

6) Значна здатність несучої конструкції.

У тих випадках, якщо «стіна в ґрунті» слугує кріпленням стінок виїмки, зверху оголовків паль влаштовують ростверк. Після зведення «стіни в ґрунті» у вигляді ряду посічених паль, що перетинають одна одну, та отримання бетону конструкцій проектної міцності, можна розробляти ґрунт.

Зведення конструкцій типу **«стіна в ґрунті» зі збірних залізобетонних конструкцій** передбачає заглиблення готових стінових панелей в траншею з тиксотропним розчином (**рідина, в якій при сталій швидкості деформування напруга зсуву зменшується в часі.**) (рис. 3.15)

Основними властивостями збірних конструкцій є висока індустріалізація, можливість забезпечення гарантованої якості робіт, можливість використання конструкцій ефективної форми (ребристих, коробчастих тощо), відсутність сталих вимог до якості глинистої суспензії.

У зв'язку з тим, що збірні конструкції виготовляють у заводських умовах у горизонтальному положенні, в металевій опалубці, товщина збірних стін становить переважно 250 - 400 мм, у той час як товщина монолітних стін, як правило, дорівнює 600 - 800 мм.

Застосовують збірні залізобетонні конструкції підвищеної заводської готовності, у тому числі облицьовані плиткою, покриті гідроізоляцією тощо. У збірних елементах зручно заздалегідь встановити відповідні закладні або накладні деталі, залишити отвори, пробки, штраби тощо. Використання збірних елементів дозволяє застосовувати конструкції ефективного перетину - пустотні, таврові, двотаврові тощо.

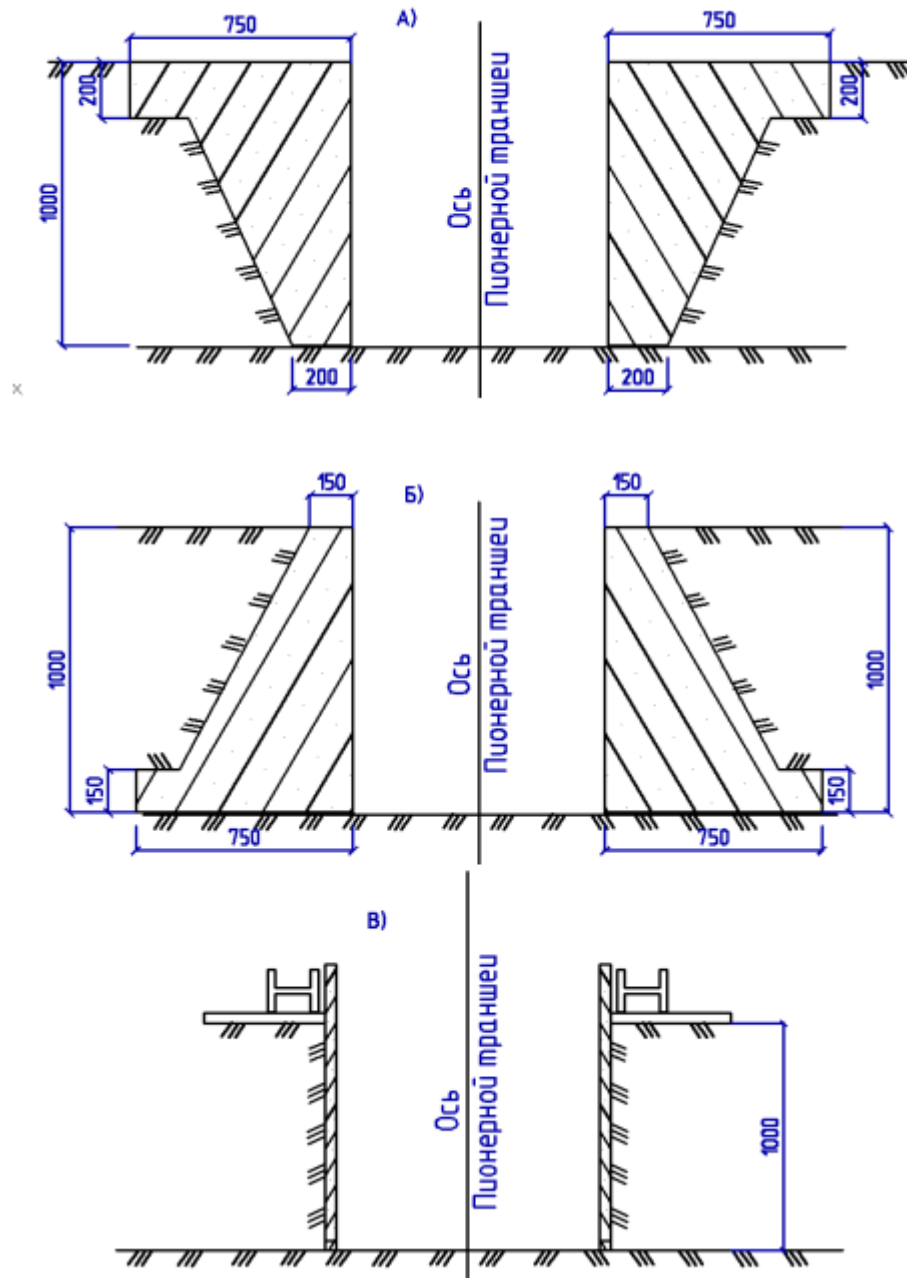
Разом з тим слід зазначити, що при застосуванні збірних залізобетонних елементів потрібне спеціальне технологічне оснащення для їх виготовлення, застосування крупнорозмірних збірних конструкцій ускладнено в умовах ущільненої міської забудови, ускладнюється транспортування елементів на будівельний майданчик, а для монтажу в траншеях потрібні потужні вантажопідйомні крани, експлуатація яких обходиться дорого; вартість збірного залізобетону вище вартості монолітного, рішення про доцільність застосування збірного або монолітного залізобетону ухвалюють на основі техніко-економічного аналізу з урахуванням вартості, трудомісткості і строків робіт, розмірів капітальних вкладень в основні й обігові фонди будівельної організації, наявності й можливості ефективного використання потужних вантажопідйомних кранів та іншого устаткування.

На даний час розроблена та застосовується значна кількість різновидів технології зведення збірних конструкцій методом «стіна в ґрунті». Найпоширеніші типи технології, що відрізняються способами закладання стиків і заповнення застінного простору між бортом траншеї й збірним залізобетонним елементом (тампонаж пазух).

Технологічна послідовність робіт:

- попередньо виконують розмітку стіни, влаштовують форшахту (рис. 3.14);
- виконують розроблення ґрунту із заповненням траншеї глинистим розчином. Перед розробленням траншеї необхідно провести монтаж, випробування і пуск установки для приготування, подачі, очищення та регенерації глинистого розчину, який спочатку повинен заповнювати простір між стінками піонерної траншеї. У міру розроблення ґрунту в захватку має безперервно подаватися глинистий розчин з підтриманням його рівня не нижче ніж 0,2-0,3 м від верху форшахти;
 - перед монтажем збірних залізобетонних стінових панелей влаштовують основу. Для цього на дно траншеї укладають шар щебеню.

- Призначення форшахти - зміцнити траншею від обвалення та служить для напрямку руху ґрунторозроблюючих механізмів. У ряді випадків (наприклад, при спорудженні протяжних траншей протифільтраційних завіс) форшахту не влаштовують.



- Рисунок 3.14 - Варіанти конструкцій форшахт: а, б – із залізобетону; в – металева.

Панелі, що встановлюються, фіксують кондукторами і з'єднують з раніше встановленими. Простір між стіновими панелями і траншеєю

заповнюють щебенем або місцевим ґрунтом залежно від призначення конструкції.

Глинистий розчин, що витісняється, видаляється в приймальний приямок або відкачується.

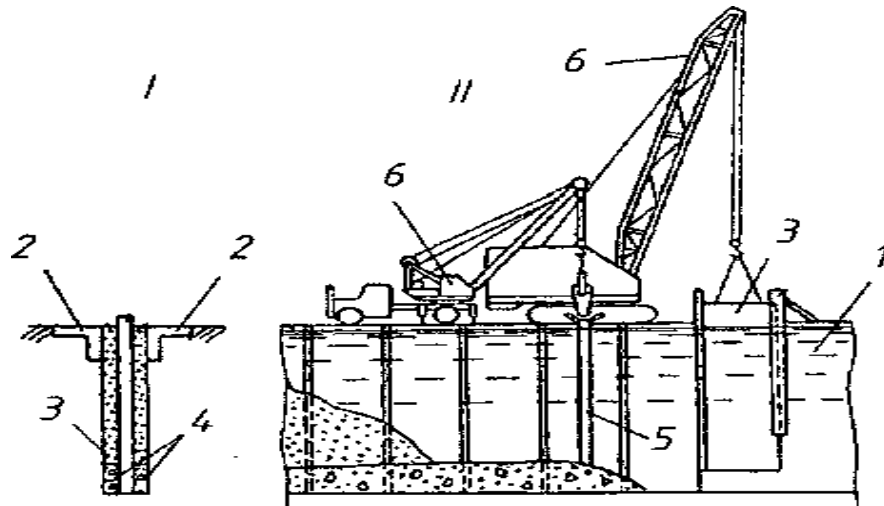


Рис. 3.15 - Схема влаштування конструкції «стіна в ґрунті» зі збірних залізобетонних панелей: I - поперечний переріз траншеї після занурення стінової панелі; II - поздовжній розріз траншеї в процесі виконання робіт;

1 - траншея, заповнена глинистим розчином; 2 - облицювання (форшахта) піонерної траншеї 3 - збірна залізобетонна панель; 4 - забутовка порожнин; 5 - защемлення панелі; 6 – кран; 7- кондуктор

Ґрунт у траншеї може розроблятися, грейферними екскаваторами або баражними машинами (багатоковшовими екскаваторами) (рис. 3.16)



Рисунок 3.16 - Грейферний та багатоковшевий екскаватор

Влаштування *«стіни в ґрунті» з монолітного залізобетону* виконується захватками довжиною 6-12,0 м (рис. 3.17).

Траншею в ґрунті влаштовують спеціальними землерийними машинами. Ця схема в останні роки отримала широка поширення. Суміжні захватки розділяють інвентарними обмежувальними елементами. Після влаштування траншеї виконують роботи з укладання арматурних каркасів, забезпечених відгинами для забезпечення необхідного проектного положення. Потім укладають бетонну суміш методом ВПТ.

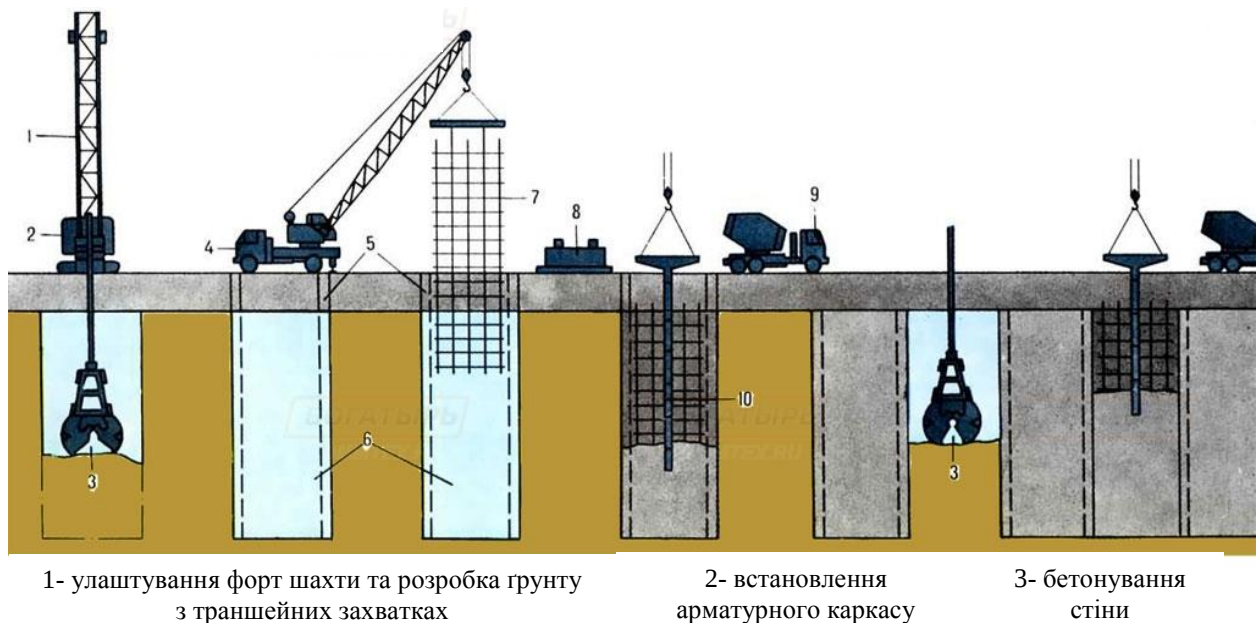


Рисунок 3.17 – Зведення підземної частини методом «стіна в ґрунті» з монолітного залізобетону

Роботи з розробки траншеї у випадках близького розташування фундаментів існуючих будівель виконують окремими захватками (через одну). Якщо ж траншею влаштовують, не вдаючись до захваток, то роботи в ній виконують у такій послідовності: **встановлюють обмежувач, що розділяє траншею по довжині на захватки, укладають бетонну суміш із витісненням глинистого розчину**. Зазвичай для армування стін у ґрунті застосовують арматурні каркаси. При великому заглибленні траншеї каркаси складають з окремих блоків, які стикують по мірі опускання їх у розчин. У каркасах передбачають місця для встановлення бетонолитних труб, що складаються із окремих секцій. Труби стикуються за допомогою фланців і швидкокороз'ємних хомутів.



Рисунок 3.18 - Технологічна схема розробки траншеї методом «стіна в ґрунті».

Арматурний каркас повинен сприймати монтажні навантаження без залишкових деформацій, бути на **10-12см** вужче траншеї та мати направляючі, які забезпечують правильне встановлення каркасу в траншеї та створенню захисного бетонного шару між арматурою та стінкою траншеї. Передбачені проектом закладні деталі в арматурних каркасах монтують до встановлення каркасів у траншею. Якщо стрижні робочої арматури перед складанням арматурного каркасу стикуються, то стрижень не повинен мати більш трьох стиків.

Стикування арматурних каркасів по висоті при укрупненій збірці виконують із дотриманням наступних правил:

- стики поздовжніх стержнів виконуються в розбіжку;
- у площині будь-якого **поперечного** перерізу каркасу повинно бути не більше 50% стиків;
- стики сусідніх стрижнів з'єднуються відносно один одного на величину, рівну довжині стику.

Устаткування для бетонування траншей під захистом глинистого розчину методом труби, що вертикально переміщується (ВПТ), зазвичай включає наступні елементи:

- комплект металевих бетонолитних труб для подачі бетонної суміші в траншею (довжина ланок 1-6 м); завантажувальну лійку на трубі у

формі перекинутої усіченої піраміди або усіченого конусу;

- устаткування для ізоляції бетонної суміші від глинистого розчину при первинному заповненні труби; устаткування для підвішування, підйому та опускання труб;
- риштування для розміщення устаткування та людей;
- автобетонозмішувачі, бетононасоси та інше устаткування та обладнання для транспортування бетонної суміші до установки ВПТ.

Устаткування й механізми для бетонування повинні забезпечувати безперервність укладання бетонної суміші в траншею з інтенсивністю не менше $0,3 \text{ м}^3/\text{м}^2$ та рівномірне заповнення бетонною сумішшю усієї захватки, що бетонується.

Для подачі бетонної суміші в траншею застосовують металеві труби діаметром 250-300мм із товщиною стінок 8-10 мм без вм'ятин і напливів на стінках. Довжина бетонолитної труби має дорівнювати висоті секції, що бетонується. При встановленні в траншею між нижнім кінцем бетонолитної труби та дном траншеї повинен бути забезпечений проміжок.

Для запобігання змішування бетонної суміші, що надходить у початковий період у бетонолитну трубу, із глинистим розчином застосовують ковзаючі пробки з мішковини, паклі, мішків із тирсою або надувні пристрої. При цьому у горловині лійки над пробкою встановлюють знімний клапан, що утримує бетонну суміш у воронці до її заповнення.

При бетонуванні методом ВПТ у торцях захватки встановлюють обмежувачі, що служать опалубкою, та надають торцю необхідну форму для обладнання прийнятого стику між захватками. Обмежувачі зроблені у вигляді металевих інвентарних труб з привареними кутами. Діаметр труб на 30-50мм менше ширини траншеї. Труби одночасно служать опалубкою для формування обрису стику. Через 3-5 годин після бетонування захватки їх витягують, і торці захватки отримують напівциліндричний обрис.

При бетонуванні суміжної захватки створюється стик, що має форму напівциліндра. Стики такої конструкції рекомендується влаштовувати при

глибині до 15 м.

Обмежувачі у вигляді сталевих листів, що приварюються з однієї сторони арматурного каркасу, слід застосовувати при глибині траншей до 30 м.

Залізобетонні перемички, що не витягуються, використовують при розробці траншей і бетонуванні захваток через одну. Залізобетонні перемички мають ширину 680 або 780 мм, довжину 7 і 9 м. Маса однієї перемички довжиною 9 м і шириною 780 мм становить 3,9 т. Монтаж арматурного каркасу виконують за допомогою твердої траверси, що виключає його деформації. Каркаси слід вивішувати на комір, застосовуючи поперечні балки (стрижні). Стержні арматурних каркасів не повинні опиратися на дно траншеї, вони повинні відходити від нього на 200-300 мм. Перед опусканням арматурних каркасів у траншею всі стрижні доцільно змочувати водою для зменшення товщини глинистої плівки, що утворюється на арматурах, і збільшення зчеплення арматури з бетоном.

Довжина захватки бетонування береться від 3 до 6 м і визначається умовами забезпечення стійкості траншеї: прийнятою інтенсивністю бетонування; типом машини, що розробляє траншею; конструкцією й призначенням стіни в ґрунті. При довжині захваток більше 3 м бетонування зазвичай виконують через дві труби одночасно. У роботах застосовують бетонну суміш, здатну забезпечувати вільне проходження по бетонолитній трубі й розподіл по площі захватки без розшарування, а також зберігати рухливість протягом часу, необхідного для транспортування й укладання її в траншею (не менше 40 хв.). Для **підвищення пластичності бетону і його зручного укладання без збільшення витрат води та цементу рекомендується застосовувати пластифікуючі добавки (сульфітно-спиртову, бардову тощо).** Тип добавок і їх дозування встановлюють заданими лабораторних досліджень залежно від виду і якості цементу, а також вимог до бетону. Бетонолитну трубу переставляють та укорочують за допомогою крану посекційно, але так, щоб її нижній кінець завжди був

заглиблений у раніше покладену бетонну суміш. **Перерви в бетонуванні допускаються не більше 1-1,5 год у літніх умовах і 30 хв. у зимових.** Глинистий розчин, що витісняється із траншеї, в процесі бетонування відводиться по лотку з траншеї в розроблювальну захватку або запасну ємність.



Рисунок 3.19 – Укріплення стінок котловану зведених по методу «стіна в ґрунті»

У всіх випадках роботи зі зведення конструкцій типу «стіна в ґрунті» починають з комплексу підготовчих робіт, а саме:

- огороження будівельного майданчика;
- геодезичне забезпечення будівельного майданчика;
- відключення і перенесення (за потреби) підземних комунікацій, що потрапляють у габарити стін;
- планування поверхні майданчика і влаштування тимчасових доріг;
- розміщення тимчасових адміністративно-побутових будівель;

- підготовка місць для складування будівельних матеріалів і конструкцій;
- монтаж технологічного обладнання.

Висока якість та надійність споруджуваної «стіни в ґрунті» повинні забезпечуватися будівельними організаціями шляхом здійснення комплексу технічних, економічних та організаційних заходів ефективного контролю на всіх стадіях споруди «несучої стіни».

Контроль якості будівельно-монтажних робіт повинен здійснюватись спеціальними службами будівельної організації, оснащеними технічними засобами, що забезпечують необхідну достовірність та повноту контролю.

Виробничий контроль якості будівельно-монтажних робіт повинен включати вхідний контроль робочої документації та обладнання, операційний контроль окремих будівельних процесів або виробничих операцій у процесі їх виконання та після завершення та оцінку відповідності виконаних робіт, результати яких стають недоступними для контролю після початку виконання наступних робіт.

У процесі зведення конструкцій способом «стіна в ґрунті» слід контролювати розміри траншей, якість глинистого розчину, правильність установки арматурних каркасів і обмежувачів, склад і рухливість, якість бетонної суміші. Застосовуваний глинистий розчин повинен бути такого складу і мати такі властивості, щоб створити безпеку та стійкість стінок свердловин і траншей. Покращеними властивостями наділені розчини, приготовлені з бентонітових глин. Перед встановленням у свердловину або траншею арматурні каркаси слід оглянути, про що складають відповідний акт.

При бетонуванні конструкцій методом ВПТ необхідно контролювати: якість складових бетонних сумішей; інтенсивність укладання суміші, заглиблення бетонолитної труби в суміш, рівень суміші в трубі, відсутність води в бетонолитній трубі, положення по висоті арматурного каркаса в

свердловині або траншеї. При укладанні бетонної суміші необхідно забезпечити режим, що виключає можливість прориву води в бетонолитну трубу і пов'язаної з цим перерви в бетонуванні, через що знижується якість бетонних конструкцій у місці контакту суміші, укладеної до і після вимушеної перерви. Щоб виключити можливість прориву глинистого розчину або води в трубу, її нижній кінець протягом всього періоду бетонування повинен бути заглиблений у бетонну суміш. Мінімальне заглиблення труби в суміш має бути 1м.

Для приготування глинистих розчинів слід застосовувати бентонітові глини, а за їх відсутності - місцеві глини, що мають відповідні фізико-механічні характеристики. Остаточна придатність місцевих глин визначається за результатами лабораторних досліджень глинистих розчинів, одержуваних на основі цих глин. Якість глинистих розчинів повинна забезпечувати стійкість стін ґрунтових виробок (траншей, свердловин) у період їх заповнення.

При розробленні нестійких ґрунтів з напірними водами для підвищення щільності глинистого розчину допускається застосовувати барит, магнетит та інші обважнювані розчину в кількості, що залежить від необхідної щільності розчину, але не більше 7% маси глини. При розробленні крупнопористих ґрунтів задля зниження водовіддачі і витрат глинистого розчину в нього можна додавати рідке скло (силікат натрію або силікат калію) в межах від 2 до 6% маси глини.

Якість глинистих розчинів для повторного їх використання слід відновлювати очищенням або добавкою глин.

Бетонування стін під захистом глинистого розчину слід проводити не пізніше, ніж через 8 годин після утворення траншеї на захватці.

Конструкція обмежувачів має сприймати тиск бетону, запобігати потраплянню бетону з однієї захватки в іншу і забезпечувати задану водонепроникність стиків.

У процесі укладання бетону в траншею необхідно періодично

відбирати надлишок глинистого розчину, не допускаючи зниження його рівня в траншеї.

При виконанні робіт зі зведення споруд способом «стіна в ґрунті», склад контрольованих показників, граничні відхилення, обсяг і методи контролю мають відповідати вимогам діючих норм.

При зведенні конструкцій глибоких бурових опор слід керуватися **правилами безпеки праці**. Загальні правила безпеки встановлюються нормативними документами та безпосередніми вказівками проекту організації будівництва і проектів виконання робіт. До початку виконання робіт потрібно провести роботи з обстеження будівельного майданчика на наявність небезпечних предметів. Зона виконання робіт повинна бути огороженою. Переміщення і установлення машин і механізмів поблизу споруджуваних споруд допускаються лише на відстані, встановленій у проекті.

У ПВР мають бути детально вказані способи і схеми влаштування свердловин або захватки траншей і видалення ґрунту, стропування та установлення арматурних конструкцій і збірних елементів, установлення бетонолитних труб і процесів бетонування.

До виконання робіт допускаються особи, які пройшли спеціальну підготовку і здали екзамени на знання умов і способів виконання робіт і правил безпеки праці.

Якщо при проходженні свердловини буровою штангою виявлено підземні то комунікації, необхідно призупинити роботи і негайно довести до відома керівника робіт для прийняття необхідних рішень, що забезпечують подальшу безпеку будівельних процесів.

Опускати будівельників у свердловину для огляду її стінок і дна або для усунення дефектів, що виникають у процесі буріння, категорично забороняється.

При виявленні в процесі розроблення ґрунту невідомого предмету роботи необхідно призупинити до з'ясування його природи фахівцями. Огляд

таких предметів здійснюють спеціальні служби МНС за допомогою ендоскопів та телеметричного обладнання.

При зведенні стін у ґрунті вздовж траншеї, що розробляється, слід установити огорожі на відстані 3 м з кожного боку, а перехід людей через відкриту частину траншеї допускається тільки по передбачених для цього містках.

Переміщення та установлення машин і механізмів уздовж траншеї допускаються лише на відстані, встановленій у проекті.

3.4 Закріплення земляних споруд струменевою технологією.

У практиці зведення будівель і споруд виконується комплекс робіт із закріплення та стабілізації ґрунтових масивів. Це необхідно при кріпленні стінок виїмок (котлованів, траншей) в ущільненій забудові, коли неможливо їх влаштовувати з відкосами. Кріплення ґрунтових масивів дає змогу суттєво зменшити обсяги земляних робіт та створити умови надійного зведення будівель і споруд на нестійких ґрунтах. Сучасні методи, на відміну від технічно та морально застарілих, поєднують усі аспекти розвитку та дозволяють споруджувати в найскладніших умовах при мінімальних витратах часу та коштів.

Закріплення ґрунтів ***струменевою технологією*** - порівняно новий спосіб він з'явився практично одночасно в трьох країнах - Японії, Італії, Англії. Інженерна ідея виявилася настільки плідною, що протягом останнього десятиліття технологія струменевої цементації миттєво поширилася по всьому світу, дозволяючи не тільки більш ефективно вирішувати традиційні завдання, але і знайти нові рішення інших численних складних проблем в галузі підземного будівництва. Цей спосіб призначений також для збільшення несучої здатності ґрунтів при збільшенні на них навантажень, підвищення гідро ізолюючих властивостей, закріплення стінок виїмок.

Закріплення ґрунтів таким способом передбачає створення в тілі ґрунту ґрунтоцементного масиву.

Закріплення ґрунтів струменевою технологією може виконуватися такими способами:

- **влаштування ґрунтоцементних паль** за допомогою занурення в товщу ґрунту спеціального ін'єктора, яким під струменем повітря високого тиску подаються цемент і вода. Струмінь повітря спускає ґрунт і змішує його з цементом. Після процесу гідратації цементу утворюється ґрунтоцементний масив більшої міцності;

- **струменева цементація ґрунтів («JET GROUTING»)** передбачає буріння лідерної свердловини діаметром 112-132 мм до проектної позначки. Після підйому бурильної колони з обертанням і одночасною подачею струменя цементного розчину під тиском до 600 атм в результаті струменевої цементації ґрунту в ньому утворюються циліндричні колони діаметром 600-2000 мм;

- влаштування ґрунтоцементних паль шляхом **глибинного змішування ґрунту («DEEP SOIL MIXING-DSM»)** передбачає роздрібнювання і перемішування ґрунту з водоцементним розчином або іншими реагентами (вапном, бентонітом тощо), які подаються по порожнистій штанзі при бурінні. Цей спосіб дає можливість влаштовувати палі (ґрунтоцементні колони) діаметром 400-1200 мм і довжиною (глибиною) до 26 м.

Обладнання для влаштування ґрунтоцементних паль являє собою самохідну установку зі змінним обладнанням для буріння свердловин і роботи ін'єктора. До установки підключають повітропровід і трубопроводи для цементу й води.

Технологічна послідовність виконання робіт закріплення ґрунтів **ґрунтоцементними палями** включає такі процеси:

- підготовчі роботи, що включають забезпечення будівельного майданчика елементами будівельного господарства та умовами раціонального й безпечного виконання робіт. Захватка робіт комплектується

механізмами, пристроями та будівельними і розхідними матеріалами. Перевіряється працездатність установки;

- буріння свердловини. Бурова труба з монітором і коронкою заглиблюється в ґрунт. Буріння може підживлюватися струменем цементної суміші, яка дає стійкість свердловини і утримує стінки від обвалення. Для проходження кам'яних включень використовуються спеціальні коронки;

- влаштування ґрунтоцементної палі. Нижня частина ін'єктора обладнана поворотною частиною-форсункою. Форсунка забезпечує подачу стисненого повітря, цементу й води під кутом 90° до осі ін'єктора. Ін'єктор занурюється на дно свердловини, і по трубопроводу в нього подається повітря. Повітря під тиском 180-400 атм розпушує шар ґрунту радіусом близько 300-400 мм навколо осі ін'єктора. Одночасно в форсунку подається цемент і вода, які змішуються з розпушеними частинками ґрунту. Ін'єктор поступово піднімається вгору, утворюючи ґрунтоцементну палю (рис. 3.20).

При влаштуванні ґрунтоцементних паль у вологих ґрунтах вода в ін'єктор не подається. Процес гідратації цементу здійснюється за рахунок природної вологи. На відміну від інших методів зміцнення ґрунту, наведена технологія може з успіхом застосовуватися для зміцнення і ущільнення нашарованої основи в суміші з органічними ґрунтами.

Робоча станція складається з ємностей, бункерів для цементу, а також компактного блока змішувача і насосів. Устаткування станції з'єднане за допомогою трубопроводів і електрокабелів з буровою установкою. Висота щогли установки підбирається залежно від вимог і може змінюватися від 2 м при роботі в підвалах і шахтах до 35 м у вільному просторі. Ширина установки становить близько 800 мм, що дає змогу переміщатися в умовах обмеженого простору.

При закріпленні стінок виїмок струменевою технологією після виконання робіт і досягненням матеріалів ґрунтоцементної палі достатньої міцності ґрунт може бути розроблено.

Виконання робіт цим способом відрізняється практично відсутністю

земляних робіт, відсутністю динамічних впливів на існуючі конструкції, високою культурою виробництва та безпекою робіт.

Виготовлені методом струминної цементації палі, мають високі характеристики міцності. Ці характеристики сильно залежать від ґрунтового масиву, в якому вони виготовляються. Найвищі результати можуть бути отримані в гравілистому або піщано-гравілистому ґрунті.

Спосіб *струменевої цементації ґрунтів («JET GROUTING»)* включає такий порядок виконання робіт (рис. 3.20):

- буріння лідерної свердловини діаметром 112-132 мм до проектної позначки (прямий хід);
- підйом бурильної колони з обертанням і одночасною подачею струменя цементного розчину під тиском до 500 атм (зворотній хід);
- занурення в тіло незатверділої ґрунтобетонної колони армуючого елемента.

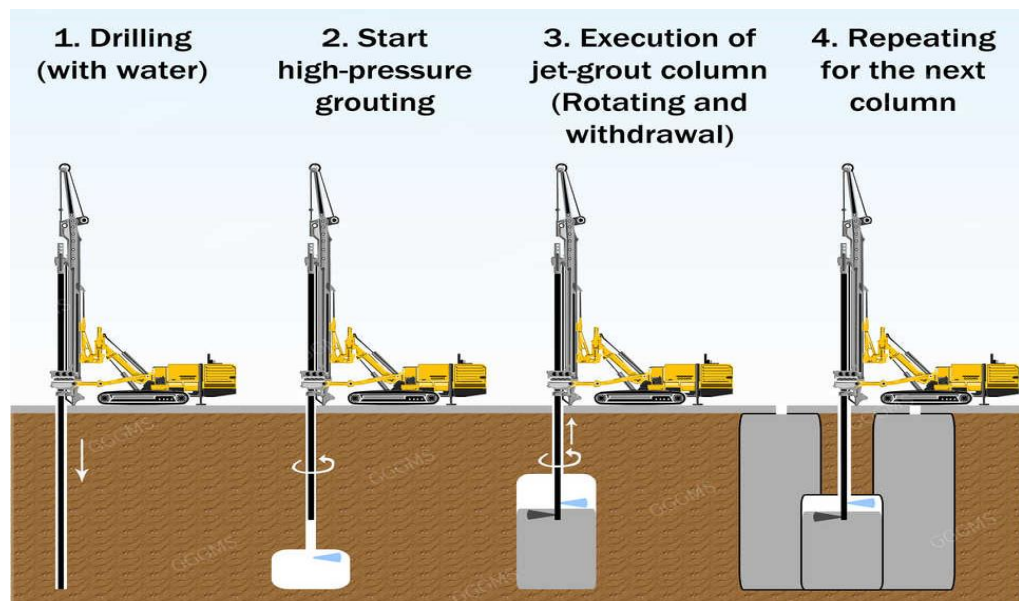


Рисунок 3.20 - Схема виконання робіт із закріплення ґрунтів: 1 - установка для виконання ґрунтоцементних паль (буріння); 2 – початок цементації під високим тиском; 3 – виконання струменевого цементного стовпа; 4 – повернення для виконання наступного стовпа.

Після твердіння ґрунтоцементної суміші в ґрунті утворюється новий матеріал - *ґрунтобетон*. Залежно від типу ґрунту і витрат цементу на 1 м³ ґрунту, який потрібно зміцнити, міцність на стиск ґрунтобетону може

змінюватися в широкому діапазоні.

Переваги технології струменевої цементації ґрунтів:

- висока швидкість робіт внаслідок малого діаметра буріння свердловин;
- виконання робіт в умовах обмеженого простору (висота установки - від 2 м, ширина - від 1,5 м) (рис. 3.21);
- відсутність динамічних впливів;
- конструкція з ґрунтоцементних паль сприймає горизонтальні та вертикальні навантаження і є вертикальною протифільтраційною завісою.



Рисунок 3.21 - Підготовка установки для цементації ґрунту

Виготовлені методом струминної цементації палі, мають високі характеристики міцності. Ці характеристики сильно залежать від ґрунтового масиву, в якому вони виготовляються. Найвищі результати можуть бути отримані в гравілистому або піщано-гравілистому ґрунті.

LET палі широко застосовуються в підземному будівництві, як огорожувальні конструкції котловану при будівництві тунелів, при ремонті та реконструкції будівель та споруд у складних, обмежених міських умовах.

Влаштування ґрунтоцементних паль за *технологією глибинного змішування ґрунту («DEEP SOIL MIXING-DSM» або DSM)* передбачає такий порядок виконання робіт (рис. 3.22):

- розміщення змішувального інструмент над місцем буріння;

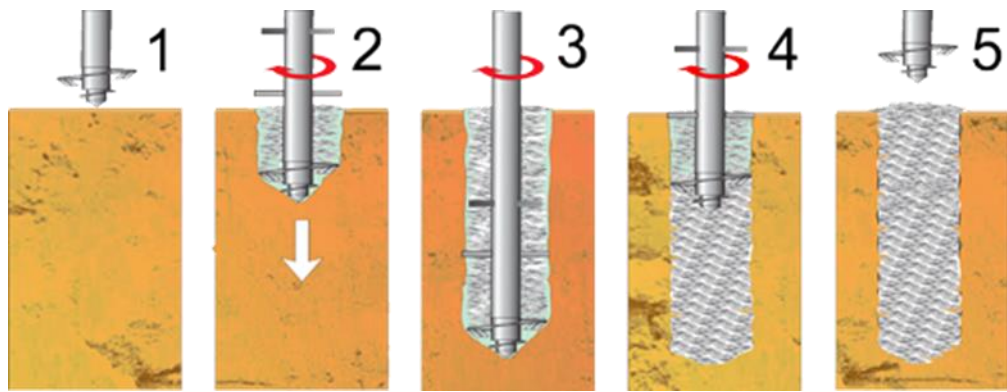


Рисунок 3.22 - Порядок влаштування ґрунтоцементної палі за технологією DSM

- занурення змішувального інструмента в ґрунт з частотою обертання шнека 20-80 об/хв. Буріння відбувається без струсів з одночасною подачею цементної суміші з монітора, що знаходиться на кінці бурової труби;
- при занурення змішувального інструмента на необхідну глибину, ґрунт роздрібнюється і перемішується з цементною суспензією з В/Ц від 0,5 до 1,2, що подається під тиском 2-10 атм. Після досягнення проектної відмітки нижнього кінця настає фаза формування колони DSM;
- у процесі вилучення інструмента зі свердловини отримана суміш ґрунту й суспензії змішується повторно і ущільнюються;
- готова паля, отримана методом мокрого змішування ґрунту, потребує часу для її затвердіння.

За необхідності для армування ґрунтоцементних колон використовують двотаврові профілі, сталеві труби або окремі арматурні стрижні.

Змішувальний інструмент монтується на високошвидкісному буровому приводі бурової установки, (рис. 3.23) з підвішеним апаратом подачі суспензії. З'єднання інструмента з буровим приводом виконано із застосуванням висувних штанг. Впорскуючий насос подає суспензію через шарнірне з'єднання бурового приводу безпосередньо в порожнистий наконечник змішувальної головки. Інструмент являє собою змішувальну головку, що складається з бурової труби, поперечних балок і наконечника

спірального бура; діаметр інструмента становить 800 мм; інструмент сконструйовано відповідно до геологічної будови ґрунту.



Рисунок 3.23 - Установка для влаштування паль типу DSM

Відмінна особливість застосування зазначеної технології:

- відсутність вібрацій - може застосовуватися в місцях з високою концентрацією будівель і в житлових районах, або забудованих територіях промислових підприємств;
- низькі шуми - завдяки особливій конструкції бурового приводу без застосування механізму зубчастої передачі рівень шуму зведено до мінімуму;
- продуктивність - висока частота обертання шнека збільшує добову продуктивність бурового обладнання;
- економічність - зниження затрат за рахунок малих витрат цементу, використання місцевого наповнювача, відсутність необхідності виймання ґрунту, економніша від струменевої цементації ґрунтів (ієі дгоіііпд);
- екологічність - відсутність необхідності в підвезенні наповнювача і вивезенні ґрунту з місця робіт, а також в утилізації та перероблення забрудненого ґрунту.

У практиці будівництва закріплення ґрунтових масивів ґрунтоцементними сумішами використовується для влаштування основи фундаментів спеціальних споруд. Так, при гідротехнічному будівництві використовується метод попереднього влаштування основи. Це робиться у випадках слабких основ ґрунтів, що залягають на поверхні, або при їх

великій глибині.

3.5 Технологія влаштування баретних фундаментів

Барета – це елемент фундаментної конструкції глибокого закладання підвищеної несучої здатності, що влаштований за технологією «стіна і ґрунті», згідно ДБН В.1.1.-46:2017 «Інженерний захист територій, будівель і споруд від зсувів та обвалів. Загальні положення».

Барети – ефективні фундаменти для висотних будівель. На сьогоднішній день влаштування барет набуває все більшого поширення у світовій будівельній практиці. При будівництві висотних будівель в Азії і Європі, особливо у Франції, цей вид фундаменту застосовується досить часто. Останнім часом ця технологія влаштування фундаментів знайшла широке застосування на будівельних майданчиках України. Часто проектуються комбіновані «баретно-плитні» фундаменти, коли в роботу залучається фундаментна плита. При застосуванні баретних фундаментів необхідно передбачати натурні виміри напружено-деформованого стану в ґрунтовому масиві.

Барети – вид буронабивних паль, влаштування яких відбувається за допомогою грейфера (рис. 3.24). Під захистом суспензії грейфером ристься траншея, у яку згодом опускається арматурний каркас (у разі виконання армованих барет) та виконується бетонування. Технологія виконання барет відповідає технології виконання однієї захватки «стіни в ґрунті».

Баретні фундаменти використовуються при високих навантаженнях, найчастіше при висотному будівництві, і можуть бути альтернативою буронабивним палям, особливо коли потрібне влаштування значної кількості паль великих діаметрів. Барети за рахунок порівняно великих розмірів можуть сприймати великі навантаження по матеріалу та по ґрунту.



Рисунок 3.24 – Двохщелепний напірний грейфер

Барети виготовляються у формі чотирикутника та різноманітних комбінацій з них (рис.3.25). При обґрунтуванні геометричних параметрів барет виходять з принципу спільної передачі навантаження від вертикальних елементів верхньої конструкції (стіни, колони, пілони тощо) на елементи фундаменту, та відповідно підбирають розміри барет. Окрім цього, при визначенні розмірів барет необхідно враховувати можливі розміри грейфера та виробничі особливості при з'єднанні кількох барет у єдиний елемент.

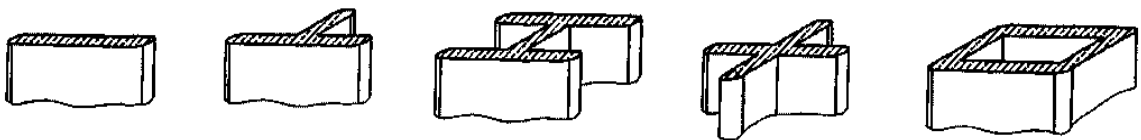


Рисунок 3.25 - Форми барет

Часто зведення барет особливо доцільне у комбінації з влаштуванням «стіни в ґрунті», тому що необхідні для виробництва техніка та прилади (грейфер, силоси для суспензії тощо) є в розпорядженні на будівельному

майданчику, та одна виробнича технологія використовується як для фундаментів, так і для конструкції, що огорожує.

При проектуванні баретних фундаментів особливу увагу необхідно приділяти стійкості траншеї, яка повинна підтверджуватися розрахунком. У робочих кресленнях баретного фундаменту повинна бути вказана розрахункова щільність суспензії, що використовується, при якій стійкість траншеї забезпечена.

При аналізі інженерно-геологічних умов необхідно звернути увагу на можливі крупнозернисті, галькові або схожі відкладення. При їх наявності (через те, що суспензія не може утримати тиск від таких відкладень) стійкість траншеї не може бути забезпечена без прийняття особливих заходів (попередня ін'єкція, спеціальні конструкції, що огорожують тощо).

Під час аналізу гідрогеологічних умов на об'єкті, що проектується, важливо враховувати тиск води на підошву траншеї та запобігати зменшенню її щільності через тиск води. У зв'язку з цим необхідно виявити можливі напружені водоносні горизонти та тиск у них.

Технологія влаштування барет. Перед початком влаштування самих барет необхідно виконати форшахти, які забезпечують вертикальне ведення грейфера при влаштуванні траншеї. Форшахти не є елементами несучої конструкції і влаштовуються виключно у відповідності з виробничими вимогами. Рівень, з якого влаштовуються барети, повинен знаходитись вище рівня ґрунтових вод, тому що влаштування барет при проведенні водозниження неприпустиме. В іншому випадку, при роботі насосів у свердловинах водозниження можливе потрапляння суспензії та/чи бетону до свердловини, що може призвести до виходу зі строю останніх та до екологічного порушення гідрогеологічного режиму. Окрім цього, можливе зниження несучої здатності конструкції барети.

Траншея заповнюється суспензією по мірі відривання (на сьогоднішній день, як правило, використовується бентонітова або полімерна суспензії). Перед використанням суспензії її щільність повинна бути перевірена

дослідним шляхом на відповідність проектній щільності.

При влаштуванні барет необхідно контролювати рівень суспензії для забезпечення стійкості траншеї, можливі втрати повинні фіксуватися та аналізуватися. З точки зору економічної доцільності та екологічності виробництва суспензія повинна використовуватися багаторазово, для чого на об'єкті, як правило, встановлюють силоси. Для подальшого використання суспензія повинна постійно очищуватися від великих часточок ґрунту.



Рисунок 3.26 – Влаштування траншеї та монтаж арматурного каркасу

При завершенні робіт з влаштування траншеї та перед бетонуванням необхідно виконати очищення підшви траншеї від великих фракцій ґрунту. Після очищення підшви траншеї від великих часточок виконується вертикальне бетонування, при цьому повинні бути вжиті заходи з попередження розшарування бетону.

При заливці бетону необхідно передбачити, що при бетонуванні під бентонітовим розчином верхній шар бетону внаслідок змішування розчину з ґрунтом та суспензією не відповідає якості та міцності бетону, передбаченим у проекті. У зв'язку з цим необхідно враховувати, що верхній шар бетону, так званий «брудний бетон», повинен бути згодом видалений. Як правило, висота шару брудного бетону складає близько 1м. Цей факт повинен бути врахований у проектних та виробничих відмітках.

16 КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ УЛАШТУВАННЯ ОСНОВ І ФУНДАМЕНТІВ

16.1 Контроль якості улаштування основ і фундаментів споруд слід здійснювати згідно з ДБН А.3.1-5 на всіх етапах підготовки та виконання робіт.

При виконанні земляних робіт, влаштуванні основ і фундаментів здійснюється вхідний контроль проектної та виконавчої (акт прийняття підготовчих, земляних робіт) документації, матеріалів, виробів, конструкцій та устаткування, операційний контроль будівельних процесів та приймальний контроль будівельних робіт та їх результатів згідно з ДБН А.3.1-5, додатком 1 ДСТУ-Н Б В.2.1-28 та ДСТУ-Н Б В.2.1-29.

16.2 Перелік прихованих робіт при виконанні земляних робіт, основ і фундаментів наведений у додатку 2 ДСТУ-Н Б В.2.1-28 та у додатку Н ДБН А.3.1-5. Форми актів на закриття прихованих робіт і проміжного прийняття відповідальних конструкцій наведені відповідно у додатках В і Г ДБН А.3.1-5.

16.3 Склад контрольованих показників, граничні відхилення, обсяги і методи контролю при улаштуванні основ і фундаментів будівель та споруд наведені у ДСТУ-Н Б В.2.1-28.

Оцінка однорідності ґрунту здійснюється згідно з ДСТУ Б В.2.1-2.

17 ОСОБЛИВОСТІ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОГО СУПРОВІДУ ПРОЕКТУВАННЯ ТА БУДІВНИЦТВА ОСНОВ ТА ФУНДАМЕНТІВ СПОРУД

17.1 Науково-технічний супровід проектування і будівництва основ та фундаментів виконується для складних об'єктів будівництва (з підвальною частиною більше одного поверху, розташовані в умовах ущільненої забудови, з особливою конструктивною схемою, висотні, потенційно небезпечні, унікальні, культові та пам'ятки); у складних інженерно-геологічних умовах; споруд у зоні впливу будівництва.

Перелік об'єктів, що підлягають обов'язковому науково-технічному супроводу, наведено в додатку В ДБН В.1.2-5.

17.2 На етапі проектування науково-технічний супровід передбачає такі види робіт:

– уточнення конструкції фундаментів і властивостей ґрунтів в основі споруд у зоні впливу нового будівництва, рівня і стану ґрунтових вод території;

ДБН В.2.1-10:2018

– оцінка впливу нового будівництва на існуючі споруди, гідрогеологічні умови ділянки, стійкість території;

– розроблення заходів попередження чи усунення негативних впливів, технічних рішень захисних і протиаварійних заходів;

– облаштування систем інструментального і візуального моніторингу за спорудами (деформації, пошкодження), основами (переміщення), гідрогеологічними (п'єзометри) та екологічними умовами (зокрема нагляд за змінами довкілля та виникненням додаткових впливів на споруду і основу: вібрація, шум, динамічні впливи, загазованість, поява газу у підвальних приміщеннях).

17.3 На етапі будівництва науково-технічний супровід передбачає такі види робіт:

– моніторинг за станом споруд, основ, територій, гідрогеологічними і екологічними умовами;

– обґрунтування технічних рішень підсилення основ і фундаментів, інженерного захисту територій, водозахисту конструкцій і споруд, регулювання режиму ґрунтових вод;

– розроблення технологічних схем підсилення фундаментів, покращення будівельних властивостей ґрунтів, інженерного захисту територій, дренажу;

– контроль якості влаштування фундаментів.