

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА**

О. В. ЯКИМЕНКО

**СУЧАСНІ МЕТОДИ
ВЛАШТУВАННЯ ПАЛЬ
ТА ШПУНТОВИХ
ОБГОРОДЖЕНЬ**

НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК

**ХАРКІВ
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2020**

УДК 624.154(075.8)

Я45

Автор

Якименко Олег Вікторович, кандидат економічних наук, доцент

Рецензенти:

Котляр Микола Іванович, кандидат технічних наук, професор кафедри технології будівельного виробництва Харківського національного університету будівництва та архітектури;

Бутнік Світлана Володимирівна, кандидат технічних наук, доцент кафедри технології будівельного виробництва Харківського національного університету будівництва та архітектури

Рекомендовано до друку Вченою радою ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, протокол № 13 від 31 травня 2019 р.

Якименко О. В.

Я45 Сучасні методи влаштування паль та шпунтових обгороджень : навч. посібник / О. В. Якименко ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2020. – 119 с.

У навчальному посібнику подано теоретичні основи, методи та способи виконання пальових робіт й улаштування шпунтових обгороджень. Висвітлено питання застосування сучасних технічних засобів, будівельних машин та механізмів.

Навчальний посібник призначено для студентів інженерно-будівельних спеціальностей і будівельних факультетів технічних навчальних закладів.

УДК 624.154(075.8)

© О. В. Якименко, 2020

© ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2020

ЗМІСТ

| | |
|---|-----|
| ВСТУП | 4 |
| 1 ШПУНТОВІ ОБГОРОДЖЕННЯ ТА ЇХНЄ ВЛАШТУВАННЯ | 6 |
| 1.1 Класифікація шпунтових обгороджень | 6 |
| 1.2 Вібраційне занурення шпунта | 16 |
| 1.3 Вдавлювання шпунта | 25 |
| 1.4 Способи укріплення шпунтових обгороджень | 29 |
| 2 ВИКОНАННЯ РОБІТ З УЛАШТУВАННЯ ПАЛЬ | 32 |
| 2.1 Класифікація паль | 32 |
| 2.2 Способи занурення й виготовлення паль | 42 |
| 2.3 Забивання паль | 44 |
| 2.4 Віброзанурення паль | 58 |
| 2.5 Задавлювання паль | 66 |
| 2.6 Загвинчування паль | 70 |
| 3 УЛАШТУВАННЯ ПАЛЬ У ПРОЕКТНОМУ ПОЛОЖЕННІ | 73 |
| 3.1 Улаштування буронабивних паль | 73 |
| 3.1.1 Улаштування паль методом «із використанням прохідного шнека»... | 75 |
| 3.1.2 Улаштування паль методом «під захистом обсадних труб»..... | 78 |
| 3.1.3 Улаштування паль методом «подвійного обертання робочих елементів» | 82 |
| 3.1.4 Улаштування паль методом «під захистом глинястого розчину»..... | 84 |
| 3.1.5 Улаштування паль методом «занурення обсадної труби з башмаком, що втрачається» | 88 |
| 3.1.6 Улаштування набивних паль методом «із вібраційним зануренням обсадної труби» | 91 |
| 3.1.7 Улаштування набивних паль методом «з ущільненням (витісненням) грунту» | 95 |
| 3.2 Улаштування буроін'єкційних паль | 96 |
| 3.3 Залізобетонні палі-оболонки | 102 |
| 3.4 Траншейні палі-барети | 105 |
| ТЕРМІНОЛОГІЧНИЙ СЛОВНИК | 114 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ | 117 |

Не поспішай допомагати тим, хто не просив тебе про це. Не пропонуй порад тим, хто про них не питав. Цінуй себе, своє слово, свої думки ...

Джордж Бернард Шоу

**Коли очевидно, що мета недосяжна,
не змінюй мету – змінюй свій план дій.**

Конфуцій

**Помилки – це розділові знаки життя, без яких,
як і в тексті, не буде сенсу.**

Харукі Мураками

ВСТУП

Основними тенденціями сучасного будівництва у великих містах під час зведення як житлових, так і громадських будівель є підвищення поверховості забудови (висота будівель до 100 м і більше), збільшення кількості споруд, під якими освоюються підземні простори (завглибшки 10 м і більше), зростає кількість об'єктів, на яких проводять реконструкційні роботи в умовах щільної забудови. При цьому вирішуються завдання як надбудови будівель, так і влаштування під ними заглиблених приміщень.

Зазначені види будівництва потребують спорудження фундаментів підвищеної несучої здатності на штучних, здебільшого пальових, основах, влаштування в ґрунті глибоких котлованів (виїмок). Інакше кажучи, до робіт нульового циклу на сьогодні пред'являються дуже серйозні вимоги. Це стосується забезпечення стійкості стінок (укосин) глибоких виїмок у ґрунті й використання раціональних для кожного будівельного майданчика типів пальових фундаментів.

Стосовно складних інженерно-геологічних умов, що характеризуються неоднорідними нашаруваннями слабких ґрунтів і високим рівнем ґрунтових вод, виконання зазначених вимог спричиняє відповідальний і обґрунтований вибір для певних умов будівництва найефективніших конструктивно-технологічних рішень для виконання робіт щодо спорудження обгороджувальних стінок котлованів, які вирізняються необхідними показниками за стійкістю й водогрунтонепроникністю, а також щодо влаштування пальових фундаментів високої несучої здатності із заглибленням у деяких випадках пальових елементів у ґрунт на глибину до 50 м і вище.

Конструкції обгороджень котлованів виконують у вигляді бетонних стін у ґрунті, що виготовляються, зокрема й за методом посічених набивних паль; із використанням сталевого шпунта необхідного профілю, який занурюють у

грунт за допомогою вібрації, вдавнення або ударним способами. Велику увагу необхідно приділяти також питанням влаштування конструкцій кріплень огорож з можливими технічними рішеннями у вигляді горизонтальних розпірних балок, ґрунтових берм (острівний спосіб), ґрунтоцементних діафрагм, виготовлених за струминною технологією, горизонтальних дисків перекриттів, бетонованих способом «зверху вниз». Спектр застосовуваних типів палей у сучасному будівництві досить широкий: це залізобетонні палі заводського виготовлення, суцільні призматичні й порожнисті круглі (палі-оболонки), що різняться за лінійними й поперечними розмірами, а також багато видів набивних палей, для виготовлення яких в умовах будівельних майданчиків застосовується широка номенклатура спеціалізованих технологічних рішень. Засоби механізації, що забезпечують виконання паливових робіт, базуються на реалізації низки будівельних процесів: ударна дія, вдавлювання, буріння різних видів, зокрема під глинястим розчином, вібрування, розкочування, комбінування обертання обсадної труби з одночасним її вдавлюванням, укладання бетонної суміші в стовбур свердловини за методом вертикально переміщеної труби, поєднання вилучення ґрунту зі свердловини з її закріпленням бетоною сумішшю (метод прохідного шнека) тощо.

Проектувальникам під час розроблення проектів будівель і споруд, підрядним будівельним організаціям під час складання проектів організації будівництва й виконання робіт або технологічних карт необхідно зі знанням справи орієнтуватися у сфері різноманітних конструктивно-технологічних рішень сучасних фундаментів високої несучої здатності, влаштування глибоких котлованів (виїмок) і методів забезпечення надійної стійкості їх стінок (укосин).

Це видання має на меті сприяти вибору найефективніших конструктивно-технологічних рішень під час виконання робіт нульового циклу в складних інженерно-геологічних умовах, із гарантуванням високого рівня безпеки будівель і споруд, що зводяться (реконструюються), а також навколишньої забудови. Такі рішення забезпечують зниження як матеріальних, так і економічних витрат.

1 ШПУНТОВІ ОБГОРОДЖЕННЯ ТА ЇХНЄ ВЛАШТУВАННЯ

1.1 Класифікація шпунтових обгороджень

В умовах нового будівництва та реконструкції об'єктів під час виконання різних видів робіт нульового циклу (обгородження котлованів, влаштування розділювальних стінок, створення в ґрунті водоґрунтонепроникних перешкод), зазвичай використовують сталевий шпунт, як більш економічне рішення, що також характеризується хорошою оборотністю (для сучасних шпунтів становить 5...10 циклів) і достатньою твердістю перетину для утримання стінок котлованів.

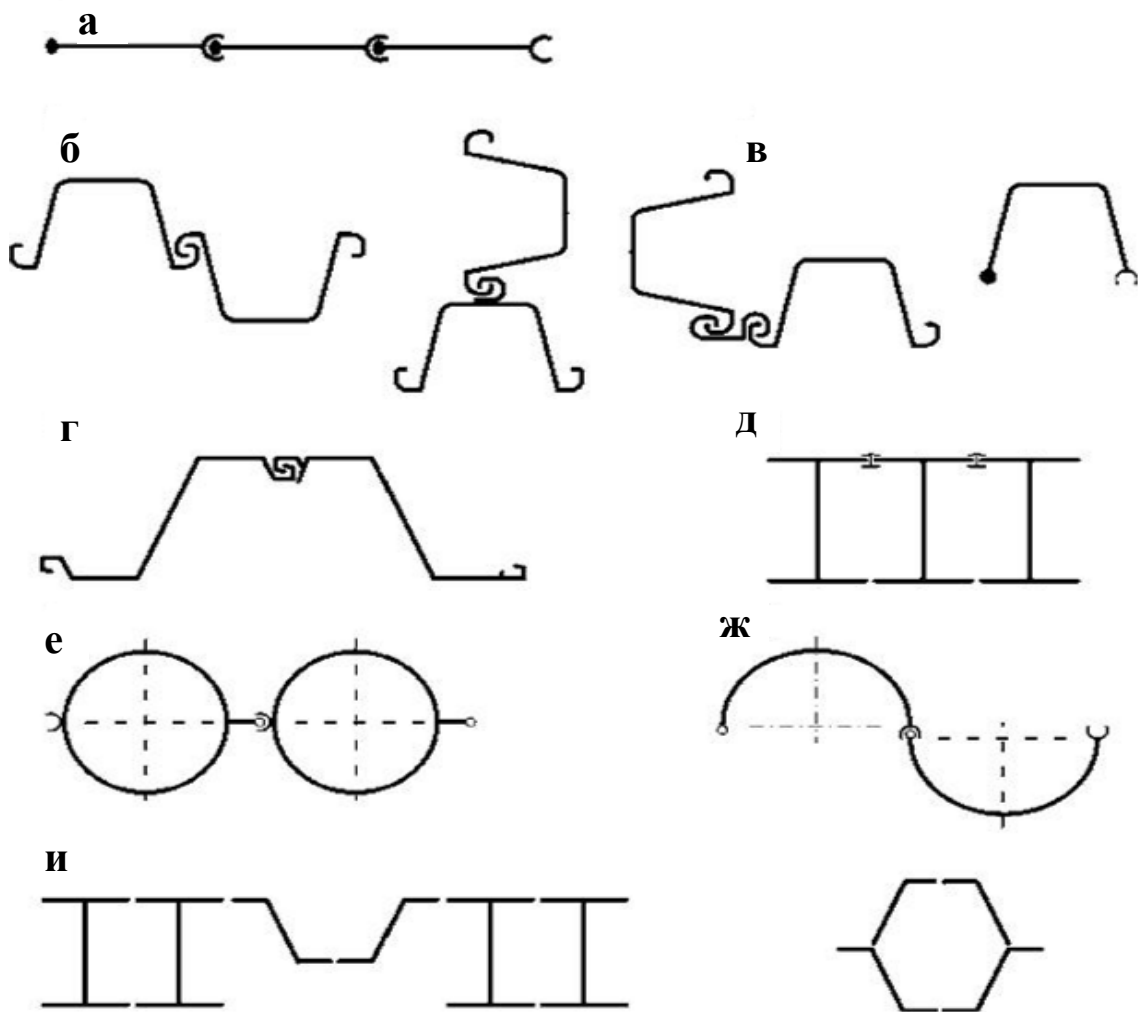


Рисунок 1.1 – Види сталевго шпунта за формою поперечного перерізу:
а – плоский; б, в – коритоподібного перетину (U-подібний, Ларсен);
г – Z-подібний; д – Н-подібний; е – із труб; ж – із напівтруб; и – комбіновані системи

Шпунт за матеріалом і технологією занурення, а також види сталевго шпунта класифікують так (див рис. 1.1):

- 1) за матеріалом – дерев'яний, залізобетонний, полімерний, сталевий;

2) за формою перетину – плоский, коритоподібний (Ларсен), Z-подібний, Н-подібний, із труб і напівтруб, комбіновані системи;

3) за технологією занурення:

– забивання: копром; молотом, встановленим на стрілі крана-екскаватора; молотом, підвішеним на гак крана;

– удавлювання: самохідні на гусеничному ході; із переміщенням по шпунтовому ряду; на буровій установці;

– вібраційне занурення: на крані; на буровій установці або копрі; на стрілі екскаватора.

Обгородження з дерев'яного шпунта влаштовують у разі глибини його занурення до 6 м в ґрунт, який не має включень у вигляді каменів, великого гравію, затоплених дерев, різних засипних конструкцій, а також у разі глибини води до трьох метрів.

Дерев'яний шпунт виготовляють із дощок або брусів лісу хвойних порід не нижче другого сорту. За довжини шпунта не більше трьох метрів допускається застосування шпунта з листяних порід – берези, осики. За умовами стійкості під час забивання гнучкість шпунтини не повинна перевищувати 150, приблизно таку гнучкість має шпунт, товщина якого (d) у сантиметрах дорівнює його подвоєній довжині (l) у метрах.

Рекомендоване співвідношення розмірів частин поперечного перетину різних типів дерев'яного шпунта наведено на рисунку 1.2.

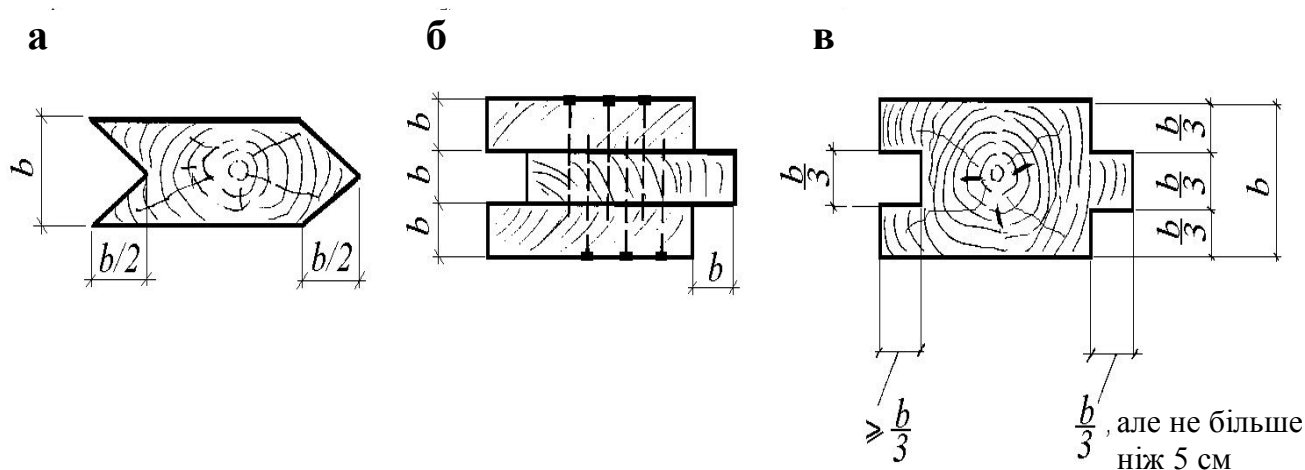


Рисунок 1.2 – Поперечні перерізи дерев'яного шпунта:
а – із дощок; б – складеного з дощок; в – брущатого

Для забезпечення водонепроникності обгородження шпунтини повинні з'єднуватися один із одним гребенем і пазом. Найоптимальніша форма гребеня й паза – прямокутна. Шпунтини з окремих дощок від 4 до 8 см завтовшки виготовляють із трикутною формою гребеня й паза (див. рис. 1.2, а). У разі відсутності необхідного розміру дощок шпунтини складають із трьох дощок не менше ніж 2,5 см завтовшки кожна, з'єднаних за довжиною цвяхами й болтами

(див. рис. 1.2, б). Складники шпунтини мають прямокутний гребінь і паз, одержувані шляхом зміщення середньої дошки щодо крайніх.

Брущаті шпунтові палі від 10 до 24 см завтовшки виготовляють з прямокутним гребенем і пазом (рис. 1.2, в) і шириною, що дорівнює $1/3$ товщини бруса, висота – не більше ніж 5 см.

Для швидкого доступу до шпунтових стінок і їх забивання застосовують пакетні шпунтові палі (рис. 1.3), що складаються з двох-трьох шпунтин із брукуванням, з'єднаних скобами.

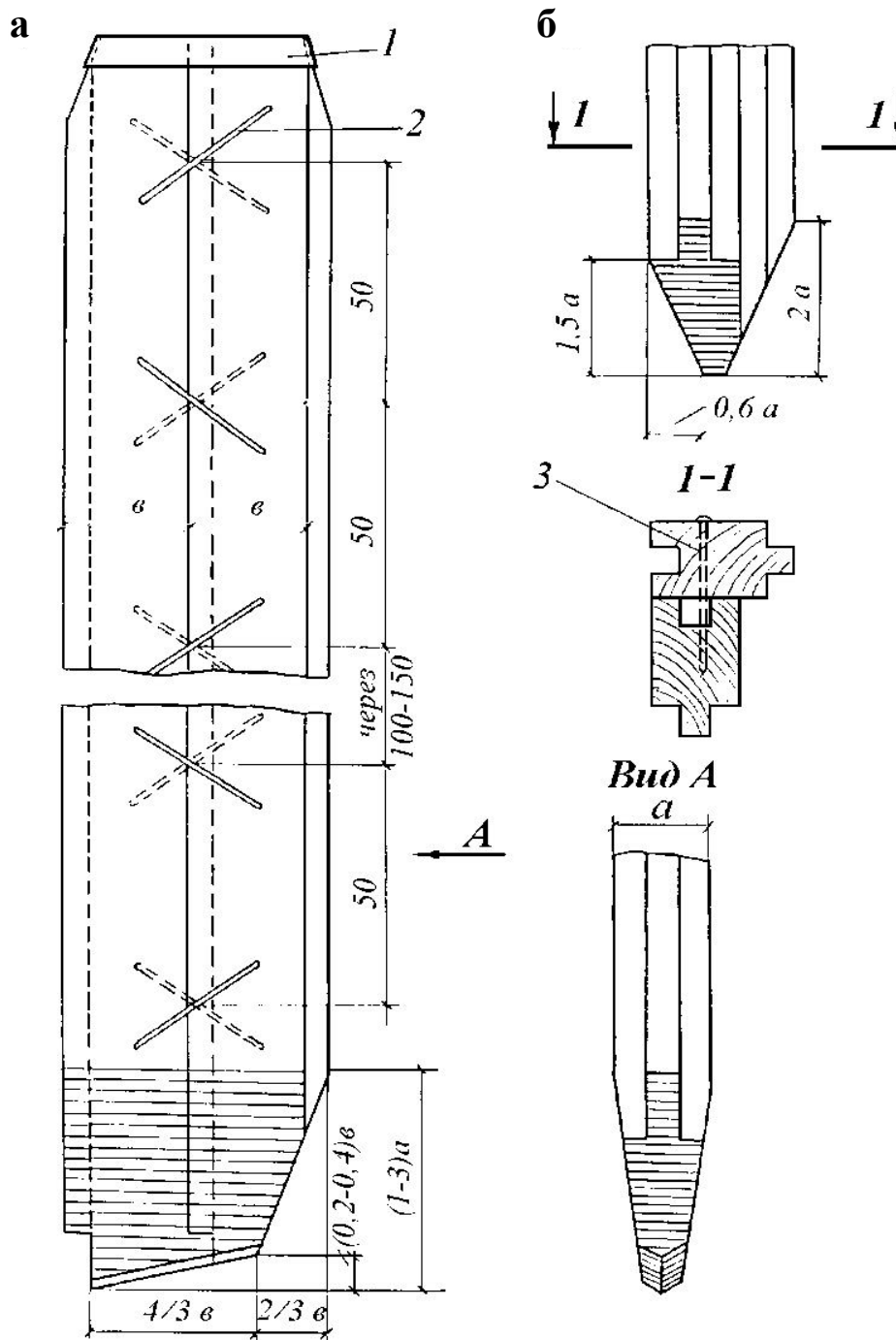


Рисунок 1.3 – Конструкція пакетних дерев'яних шпунтових палей:
а – плоска; б – кутова; 1 – бугель; 2 – скоба; 3 – нагель

Скоби розміщують у протилежних напрямках під кутом 45° до осі палі через 100...150 см, на кінцях пакета 2-3 скоби розташовують через 50 см. Скоби втоплюють у деревину на одному рівні з поверхнею, щоб не збити їх під час занурення шпунта. Пакетні шпунтові палі загострюють загальною на весь пакет.

Голови шпунтин зрізають перпендикулярно до їхньої повздовжньої осі й об'єднують бугелем прямокутної форми, а кінці загострюють на правильний клин завдовжки від однієї (для важких ґрунтів) до трьох (для легких ґрунтів) товщини шпунта. Грань клина з боку гребеня скошують, щоб забезпечити щільне притискання шпунта занурюваного до раніше зануреного в ґрунт, забивають шпунт завжди гребенем уперед.

Конструкція дерев'яного шпунтового обгородження наведена на рисунку 1.4.

Утримання шпунтин в проектному положенні під час їхнього занурювання у ґрунт забезпечується зовнішніми й внутрішніми напрямними схватками, прикріпленими болтами до маякових палей із діаметром 18...26 см. Маякові палі забивають через 2...3 м із зовнішнього боку обгородження й на 1...2 м нижче глибини занурення шпунта. Як напрямні схватки використовують пластини діаметром не менше ніж 22 см або бруси з перерізом не менше ніж 14×14 см. Відстань між напрямними, що дорівнює товщині шпунтин, витримують прокладками, закріпленими болтами.

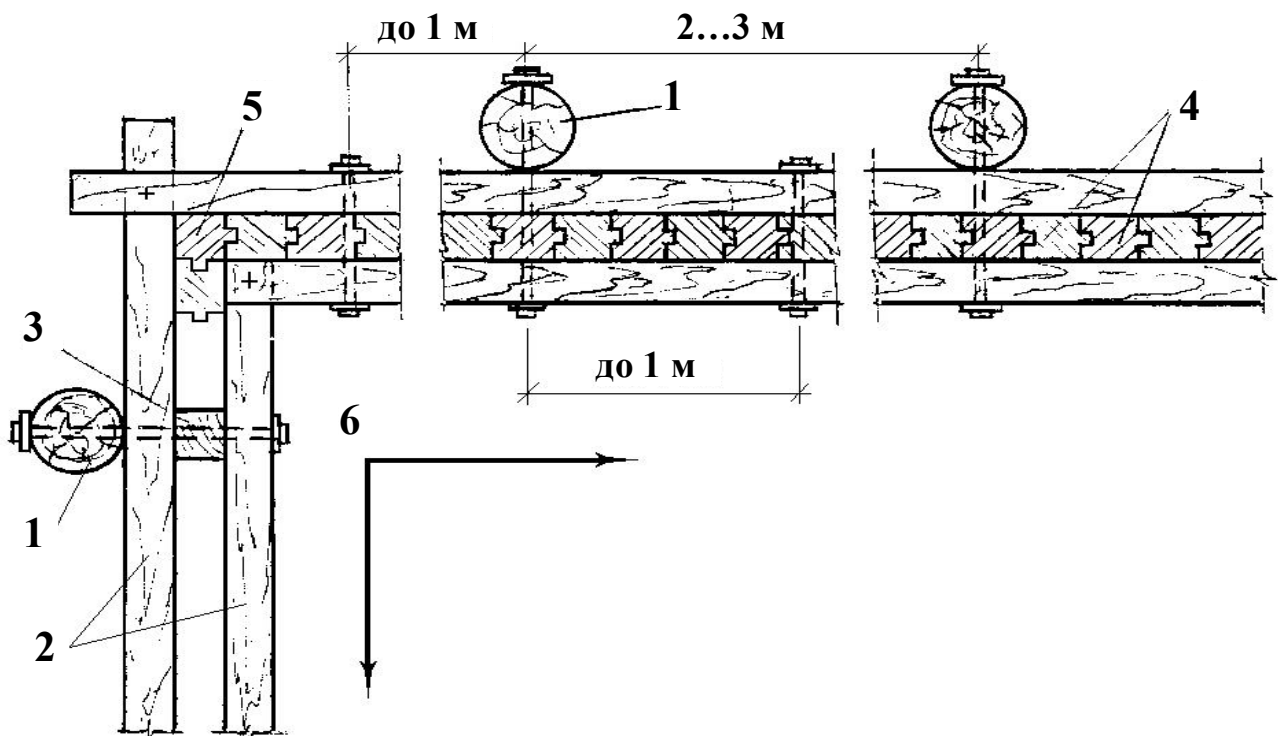


Рисунок 1.4 – Конструкція дерев'яного шпунтового обгородження:

- 1 – маякові палі; 2 – напрямні схватки; 3 – тимчасові прокладки; 4 – рядові шпунтини;
5 – кутова шпунтина; 6 – напрям забивання шпунтової стінки

Занурення шпунта в спорудженні варто виконувати захватками, на яких попередньо виставляють шпунт. Розрізняють кутові, рядові, клиноподібні й замикальні дерев'яні шпунтові палі. Кутова в поперечному перерізі має два гребеня, звичайна й клиноподібна – гребінь і паз, а замикальна – два пази. Спочатку встановлюють і частково забивають кутову шпунтову палю. Від неї в обидва боки можна виставляти рядові шпунтини. Щільність набраної ділянки шпунтової стінки досягається за допомогою клина, виготовленого з обрізка шпунтової палі завдовжки 1,5...2,0 м і встановленого між шпунтинами й будівельною скобою, забитою в напрямні схватки. Клин під час занурення шпунта постійно добивають.

Таким чином, кожна шпунтина під час занурення притискається до раніше забитої внизу за допомогою конструкції вістря, а на рівні напрямних схваток клином. Установлені шпунтини на кожній захватці занурюють шляхом періодичного послідовного поступально-зворотного проходження від кінця захватки до її середини й назад до проектної глибини. Під час забивання шпунта постійно контролюють його положення. Якщо шпунтини починають відхилятися від вертикалі в площині стінки, забивання припиняють і виправляють їхнє положення за допомогою лебідок або талів. У разі якщо утворену віяловість шпунтового ряду усунути не вдається, встановлюють і занурюють клиноподібні шпунтини. У процесі набирання й занурення шпунта по черзі знімають прокладки разом з болтами кріплення. До зняття прокладки напрямні бруси прикріплюють до найближчої забитої шпунтової палі, а після забивання чергової шпунтини зняті болти кріплення ставлять на місце. Замикальну шпунтову палю виготовляють за місцем і занурюють наприкінці. Зустрічні шпунтові стінки повинні розташовуватися в одній площині, а їх бічні грані – вертикально.

Дерев'яні шпунтини перед забиванням рекомендовано вимочувати у воді протягом 10...15 діб, в іншому разі під час набухання деревини шпунтова стінка може деформуватися.

Основна перевага дерев'яних шпунтових обгороджень – простота виготовлення. До недоліків, насамперед потрібно віднести неможливість забивати шпунтини в щільні ґрунти, обмежену довжину шпунтин (6...8 м) і відносно малу міцність.

Металеві шпунти або шпунтові палі становлять жолоб із металу, який використовується для створення протифільтрових завіс або захисних конструкцій. Щільно, без проміжків скріплені між собою шпунтові палі утворюють шпунтове обгородження, кожен елемент якого для міцності всієї конструкції обладнують кріпленням (замком) (див. рис. 1.5).

Такі обгородження вирізняються певними перевагами: висока міцність конструкції, можливість попередньо скласти на заводі цілі секції арматури, опірність щодо окислення, можливість багаторазового використання, простота монтажу обгородження, можливість використовувати на будь-яких ґрунтах.

До недоліків можна віднести порівняно невисоку стійкість щодо агресивного середовища, незначну пластичність, велику вагу конструкцій і, відповідно, збільшення витрат на складування, перевезення тощо, необхідність регулярного антикорозійного оброблення.

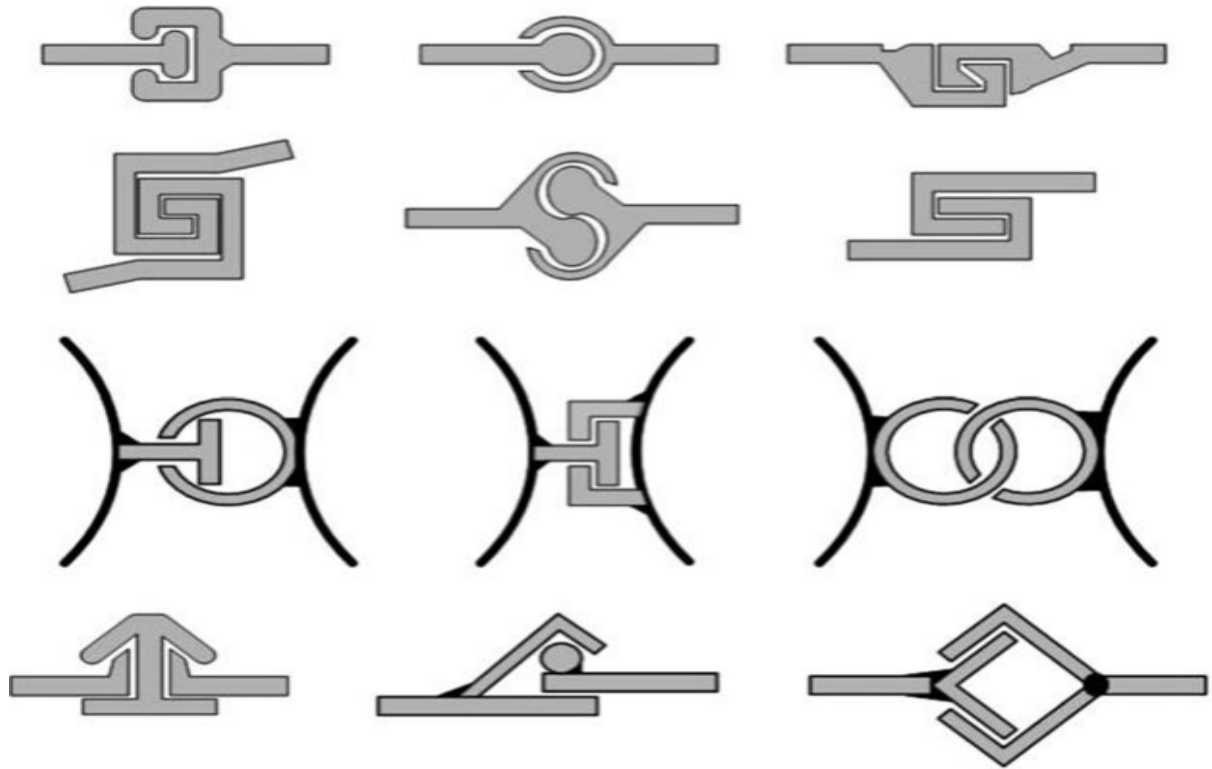


Рисунок 1.5 – Види замкових з'єднань сталевго шпунта

Шпунти з полівінілхлориду. ПВХ-палі легкі, міцні й доступні за ціною, що робить їх використання більш вигідним порівняно з металевією конструкцією. Однак за механічною міцністю вони значно поступаються металевим (див. рис.1.6).

Основною перевагою палі із ПВХ є сам матеріал, який не потребує додаткового обслуговування або консервації. А це означає, що коштів на установлення й обслуговування такої стінки буде витрачено значно менше, ніж на установлення металевією. Окрім того, перевагами шпунтів з ПВХ є відсутність необхідності виїмки й транспортування ґрунту, можливість використовувати конструкції багаторазово; можливість використовувати під час монтажу готові секції, стійкість щодо корозії.

Основними недоліками ПВХ-палі є негативне сприйняття ударних впливів і низьких температур (виріб може розколотися), невисока несуча здатність.

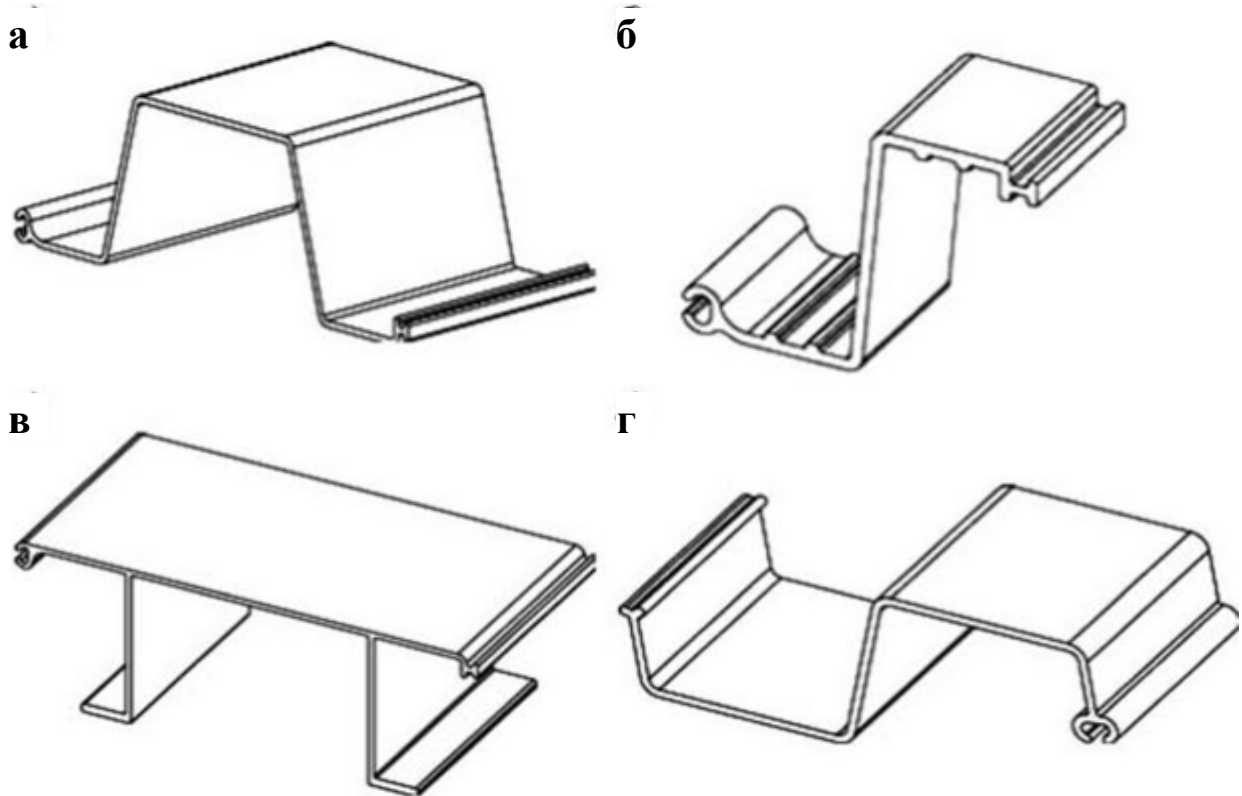


Рисунок 1.6 – Форми профілів полімерного шпунта: а – SG-525; б – SG-950; в – Flat Panel; г – CL-450

Для створення протифільтраційних завіс, систем протидії ерозії берегів річок, стоків і водойм, обгороджень неглибоких котлованів, формування площ зелених зон ефективним є застосування композитного шпунта. У наш час номенклатура розмірів поперечних перерізів і характеристик матеріалів, із яких виготовляють такий шпунт, надзвичайно різноманітна і довговічність становить понад 30 років.

Для зазначених цілей бажано використовувати композитний шпунт, який порівняно з традиційними рішеннями зі сталі вирізняється низкою переваг: достатня міцність, невелика вартість і маса, уможливорює відмову від застосування кранового обладнання значної вантажопідйомності.

Під час занурення в щільні ґрунти полімерний шпунт занурюється у витягнутому сталевому інвентарному кондукторі-шаблоні, що запобігає деформуванню верхнього торця й забезпечує повздовжню стійкість окремого шпунта.

Профілі шпунтів. U-подібний профіль («коритний» профіль) – найпопулярніший вид профілю. З бічних сторін такі шпунти обладнані з'єднаннями (замками Ларсена), а кутові секції забезпечують можливість поворотних з'єднань. Такі шпунтові палі вирізняються високим рівнем герметизації стиків. Відразу після монтажу замки, що з'єднують шпунти, зазвичай додатково

заповнюють спеціальними герметиками, які утримують ґрунтові води за межами захищеного об'єкта. Такі конструкції зазвичай використовуються для облаштування протифільтраційних завіс. У ґрунт їх вдавлюють за допомогою віброзанурювачів або вбивають молотами (рис. 1.7).



Рисунок 1.7 – U-подібний профіль шпунта

Z-подібний профіль шпунта використовується під час будівництва естакад, шлюзів, причалів, мостів тощо. Такі металеві обгородження становлять дві паралельні полиці з похилою стінкою, розташованою між ними. Елементи конструкції встановлюються один відносно одного дзеркально й з'єднуються замками. *Z-подібний* (зетовий) профіль простіше монтувати, ніж *U-подібний*, але в такому разі немає повної гарантії захисту об'єкта, що будується, від потрапляння води. З *U-* і *Z-подібних* шпунтів можна створювати всілякі комбінації, наприклад зубчасті стіни, коробчасті палі тощо (рис. 1.8).

Плоский профіль шпунта зазвичай використовується під час будівництва протифільтраційних завіс. Він утримує ґрунти внаслідок створення замкнутих чарунків круглої й циліндричної форми (із діафрагмою або без неї). Подібне обгородження застосовують у скельних рельєфах або там, де неможливо додатково закріпити палі (анкерування). Застосовують таблиці з геометрії чарунків або ж їх можна розрахувати, застосовуючи спеціальні комп'ютерні програми.

Способи занурення палів. Під час виконання паливних робіт використовують молоти, копрові установки, віброзанурювальні й вібродавлювальні агрегати.

Ударний (забивання шпунта). Найпоширеніший спосіб забивання палів у процесі використання такого методу застосовують різні види молотів: механічні, дизельні штангові й трубчасті, а також пароповітряні.

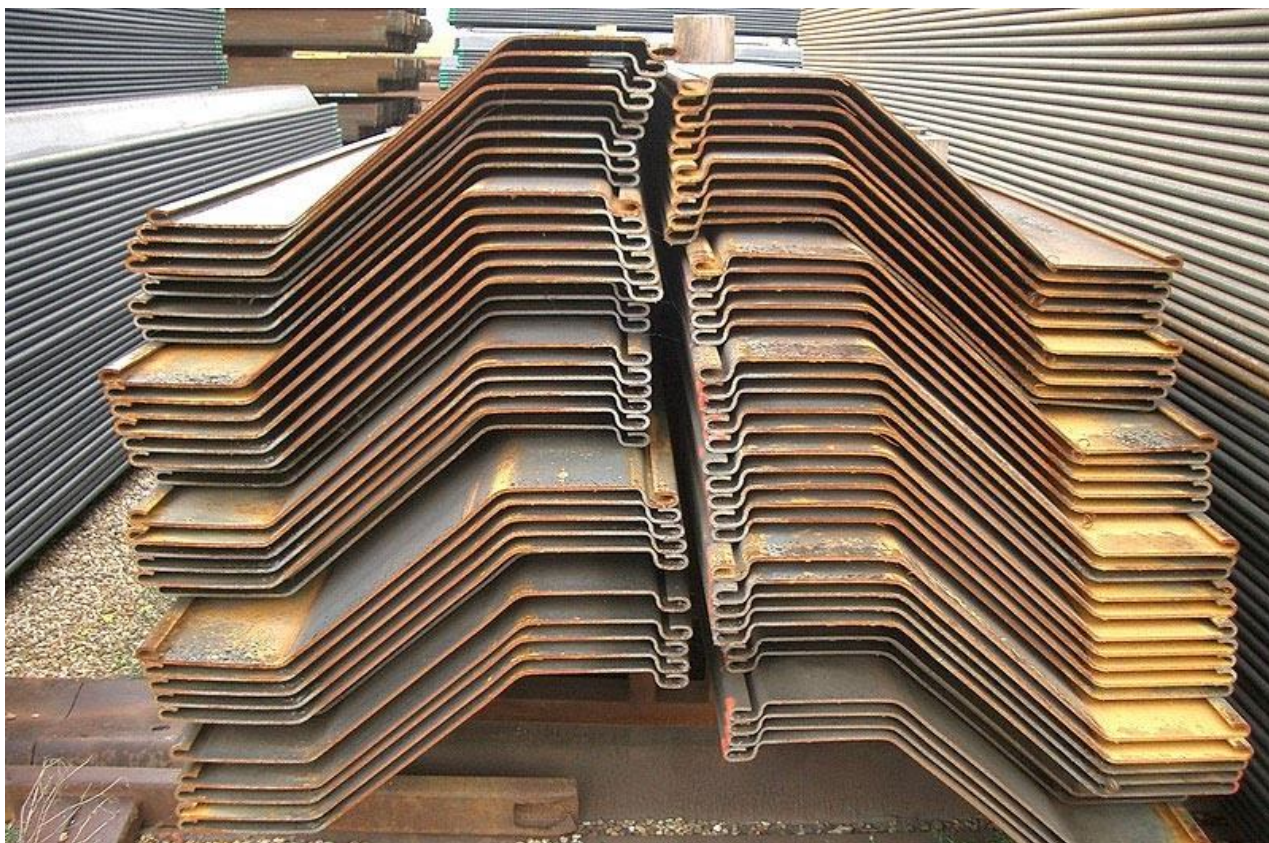


Рисунок 1.8 – Z-подібний профіль шпунта

Віброзанурення. Високочастотні порівняно слабкі зусилля забезпечують занурення шпунтів без пікових навантажень, що уможлиблює цілісність усіх елементів палів. Спочатку під шпунти бурять свердловини, у які під тиском подають цементний розчин, після чого за допомогою віброзанурювачів у свердловині розміщують шпунт. Цей спосіб вважається оптимальним під час роботи у водонасичених або піщаних ґрунтах. Також він вирізняється високою рентабельністю. На відносно щільних ґрунтах застосовується спосіб віброзанурення з попереднім розмиванням ґрунту. Це уможлиблює значне зниження навантаження на монтований елемент. Такий спосіб дуже зручно використовувати в районах щільної забудови: для роботи необхідне тільки місце під кран або екскаватор (рис. 1.9).



Рисунок 1.9 – Вібросанурення шпунтів

Удавлювання (задавлювання) шпунта. Статичне вдавлювання – найтихіший і найчистіший із серед наявних методів. Однак вдавлювальні агрегати дуже громіздкі, повільні й споживають багато електроенергії (напруга 380 В), тому для них потрібно ґрунтовно підготувати будмайданчик, що зі свого боку, призводить до здорожчання робіт.

Угвинчування шпунта. Під час використання цього методу застосовуються шпунти зі сталевих труб, оснащені спіральним навиванням, виконаним із арматурної сталі. Процес занурювання відбувається з одночасним обертанням і вдавлюванням шпунта в ґрунт. Перевагою цього методу є забезпечення збереження довколишніх споруд, тому його бажано використовувати в районах міської забудови.

1.2 Вібраційне занурення шпунта

Основним способом занурення й вилучення шпунта є вібраційний метод, який характеризується високою продуктивністю й можливістю застосування простого комплексу технічних засобів (рис. 1.10).

Широке впровадження вібраційної техніки і методів відбулося в 50...70-х рр. минулого століття, що стало наслідком зусиль здебільшого вітчизняних учених і інженерів, які на базі теоретичних і експериментальних досліджень розробили відповідні вібротехнічні засоби й обґрунтували раціональність сфери застосування та високу ефективність вібраційного методу. Масове й ефективне використання цього методу в середині минулого століття мало революційне значення для прогресу виконання шпунтових робіт у світовій практиці.

Під час виконання робіт зі зведення будинків і прокладання комунікацій поблизу наявних фундаментів останні зазнають додаткового просідання, яке особливо небезпечне в разі, якщо фундамент спирається на слабкі ґрунти. Величина цього просідання значною мірою залежить від рівня динамічних дій у процесі виконання робіт. Одним із найефективніших і водночас оптимальних способів виконання робіт у фундаментобудуванні є вібраційний метод.



Рисунок 1.10 – Віброзанурювач

Необхідність генерувати мінімальний рівень коливань під час використання вібраційного методу у фундаментабудуванні спричиняє необхідність дотримуватися досить жорстких вимог як до вібраційної техніки, так і до методів виконання робіт.

Застосування шпунта під час влаштування фундаментів поблизу наявних будівель обумовлено широким спектром розв'язуваних за його допомогою завдань. Наприклад, надійним засобом боротьби з утворенням воронки просідання й запобігання повздовжньому прогинанню протяжних будівель і споруд, а також для вирівнювання просідання гнучких споруд, що зводяться на слабких ґрунтах, є роз'єднувальний шпунтовий ряд. Найекономічнішими й швидкозводжуваними є робочі й приймальні шахти, необхідні під час мікротуннелювання – сучасного методу прокладання трубопроводів або футлярів-кожухів інженерних мереж, до того ж стовбури шахт влаштовують шляхом зведення шпунтового обгородження.

Масове використання віброзанурювачів під час проведення шпунтових робіт, зокрема обгороджування котлованів, розпочалося в СРСР у 50–і роки минулого століття. Західні фірми розпочали випуск вібромашин аналогічного призначення лише в 60–і роки; особливо інтенсивно цей процес відбувається в зарубіжних країнах сьогодні, коли виготовлення віброзанурювачів для шпунта освоїли вже десятки фірм.

Під час застосування вібраційного способу занурення (вилучення) шпунта в ґрунтовому масиві навколо нього виникають коливання, що передаються розташованим поруч будівлям і спорудам і здатні спричинити небезпечні явища в їхніх конструкціях як підземної, так і надземної частин, до чого здебільшого призводить нерівномірне просідання фундаменту. Аналогічно діє коливання ґрунту і на підземні комунікації.

Досвід занурення шпунта віброзанурювачами поблизу наявних споруд доводить, що у разі раціонально обраних параметрах їхньої роботи зазвичай немає необхідності розраховувати або інструментально оцінювати небезпеки генерувальних коливань у ґрунті, якщо відстань від споруди до найближчого занурюваного шпунта становить 20 м і більше або 2...3 м для підземних комунікацій. Перед зануренням шпунт необхідно перевірити на пряmolінійність і чистоту порожнин замків; під час вібровитягання шпунта з глинястих ґрунтів для «зриву» необхідно попередньо провібрувати шпунтини без підймання протягом 1,0...1,5 хвилин.

Якщо відстані, менші за вказані вище, у кожному окремому випадку занурення шпунта шляхом вібрування поблизу наявних будівель (є позитивний досвід використання віброзанурювачів на відстанях 0,8...1 м від будівлі) та комунікацій необхідно оцінити дію на них динамічних впливів. Такі роботи

необхідно супроводжувати геотехнічним моніторингом, що передбачає вимірювання фактичних параметрів коливань масивів ґрунту й будівель під час занурення пробного шпунта й зіставлення їх із критичними параметрами для цих умов.

Багаторічний досвід доводить, що під час занурення в ґрунт шпунта вібраційний метод порівняно з іншими методами дає змогу отримати найбільшу продуктивність у разі ощадливого динамічного впливу й використанні простого комплексу машин, що включає віброзанурювач і кран. До того ж значна швидкість занурення елементів у ґрунт (залежно від геологічних умов – 0,5...2 м/хв) уможливорює зведення до мінімуму сумарного часу динамічного впливу на навколишнє середовище.

Важливою перевагою віброзанурювачів є можливість здійснити за їхньою допомогою не тільки ефективне занурення, а й вилучення з ґрунту шпунта під час статичних зусиль, що трохи перевищують за величиною масу витягнутої системи.

Незважаючи на зазначені вище переваги використання віброзанурювачів для занурення шпунта поблизу наявних будівель, небезпеку нерівномірного просідання повністю виключати не можна. Найнадійніший шлях захисту будівель – зменшення початкового рівня коливань, що генеруються під час вібраційного занурення або витягуванні шпунта. Частково вирішити це завдання можна за допомогою так званих «міських» віброзанурювачів, вібраційні параметри яких є результатом теоретичних і експериментальних досліджень декількох авторів.

Вібраційне занурення шпунта поблизу наявних фундаментів необхідно виконувати за допомогою високочастотних віброзанурювачів (із частотою не менше ніж 30 Гц), плавно регулюючи параметри вібрацій, щоб знизити рівень коливань навколишнього ґрунту. У зарубіжних країнах високочастотні віброзанурювач (38 Гц) в умовах щільної міської забудови використовують обов'язково.

Таким чином, частота вимушених коливань віброзанурювачів, призначених для занурювання (вилучення) шпунта поблизу наявних будівель, повинна перебувати в межах 30...38 Гц, до того ж глибина регулювання частоти дуже мала, і достатньо щоб постійна частота розміщувалася у зазначеному вище діапазоні.

Набагато складнішим є питання щодо регулювання статичного моменту маси дебалансів. У процесі проведення робіт величина статичного моменту маси дебалансів і, відповідно, амплітуда коливань вібрувальної системи повинна забезпечувати занурення, тобто вібрацію елемента, який занурюється щодо прилеглого ґрунту в умовах ефективного прослизання – «зриву», інакше

кажучи, відсутність приєднаної до елементу маси ґрунту. Умови «зриву» характеризуються такими етапами:

– до настання «зриву» шпунт не рухається відносно прилеглих ґрунту й шпунтів стінки, а коливається разом із ними; у разі збільшення спричинюваної сили амплітуда коливань шпунта й ґрунту зростає;

– у разі настання «зриву» різко збільшується амплітуда коливань шпунта, який занурюється або витягується, і зменшується амплітуда коливань навколишнього ґрунту;

– настає режим стабілізації коливань шпунта й ґрунту.

Ефективність такого рішення пояснюється тим, що в стані «зриву» шпунта щодо прилеглого ґрунту інтенсивність згасання коливань у ньому зростає, а відношення амплітуд коливань елемента, який занурюється, і навколишнього масиву ґрунту становить 2...3 порядки.



Рисунок 1.11 – Занурення шпунта поблизу наявного адміністративного будинку

Залежно від ґрунтових умов і глибини занурення статичний момент маси дебалансів повинен змінюватися. Під час занурення навіть одного шпунта ця величина може дорівнювати деякому мінімальному значенню на початку занурення й зрости до максимуму наприкінці процесу, тобто віброзанурювач,

призначений для роботи поблизу наявних будівель (див. рис. 1.11), необхідно забезпечити механізмом повільного регулювання статичного моменту маси дебалансів у процесі занурення (вилучення).

Експериментально встановлено, що під час «вибігання» віброзанурювача на поверхні ґрунту протягом декількох секунд збуджуються резонансні коливання, амплітуда яких залежить від ґрунтових умов, типу елемента, який занурюється, і може майже в два рази перевищувати амплітуду коливань ґрунту під час номінального режиму роботи віброзанурювача.

Для боротьби з цим небезпечним явищем у сучасних «міських» віброзанурювачах застосовується динамічне гальмування приводного двигуна з метою прискорення проходження через резонанс. Це дає змогу значно знизити резонансні амплітуди під час «вибігання» у разі одночасного зменшенні часу їхнього впливу.

Віброзанурювачі з безрезонансним запуском і зупиненням вирізняються всіма перевагами високочастотних віброзанурювачів, головна серед яких полягає в тому, що статичний момент маси дебалансів може бути максимальним або дорівнювати нулю (за допомогою дистанційного керування). Протягом запускання статичний момент дебалансів дорівнює нулю. Тільки-но віброзанурювач досягає операційної частоти, момент дебалансів збільшують. Як наслідок, унеможлиблюється шкідливий резонансний режим коливання ґрунту, оскільки пройдена «власна» частота коливань споруди на ґрунтовій основі. Крім переваги відходу від пікових резонансів протягом запуску і зупинення, амплітуда коливань може покроково змінюватися, перебувати в межах 0...100 % за умови, щоб максимально дозволений рівень вібрації не перевищувався. Крім того, менші амплітуди спричиняють появу набагато нижчим шумових рівнів і знижують споживання енергії на приводі віброзбудника.

Для контролю динамічних впливів на навколишні споруди під час віброзанурення й вібровитягання шпунта рекомендуються використовувати комплекти вібровимірювальної апаратури, за допомогою яких вимірюються три складники коливань: вертикальний, радіальний, тангенціальний. Зазначений комплект датчиків встановлюють на фундаменті споруди. Датчики можуть встановлюватися також і на ґрунті або конструкціях споруди.

Для реєстрації прискорення коливань віброзанурювача на його корпусі або наголовниках рекомендується встановлювати акселерометри. Оброблення зазначених записів параметрів процесу віброзанурення шпунта дає змогу оцінити рівень коливань як у разі сталого режиму роботи, так і під час перехідних процесів пуску й вибігу.

Для оперативного оцінювання рівня коливань на ґрунті або спорудженні можна використовувати амплітудний аналізатор коливань, що забезпечує

отримання результатів вимірювань оперативно, безпосередньо в процесі виконання робіт.

На сьогоднішні все ширше застосовуються гідравлічні віброзанурювачі різних виробників, які приводяться в дію за допомогою автономних дизельних силових агрегатів або гідравлічних систем екскаваторів. Агрегати оснащені глушниками. Управління, контроль і регулювання здійснюють за допомогою електронної системи дистанційного керування з пульта або безкабельного радіоуправління (рис. 1.12).

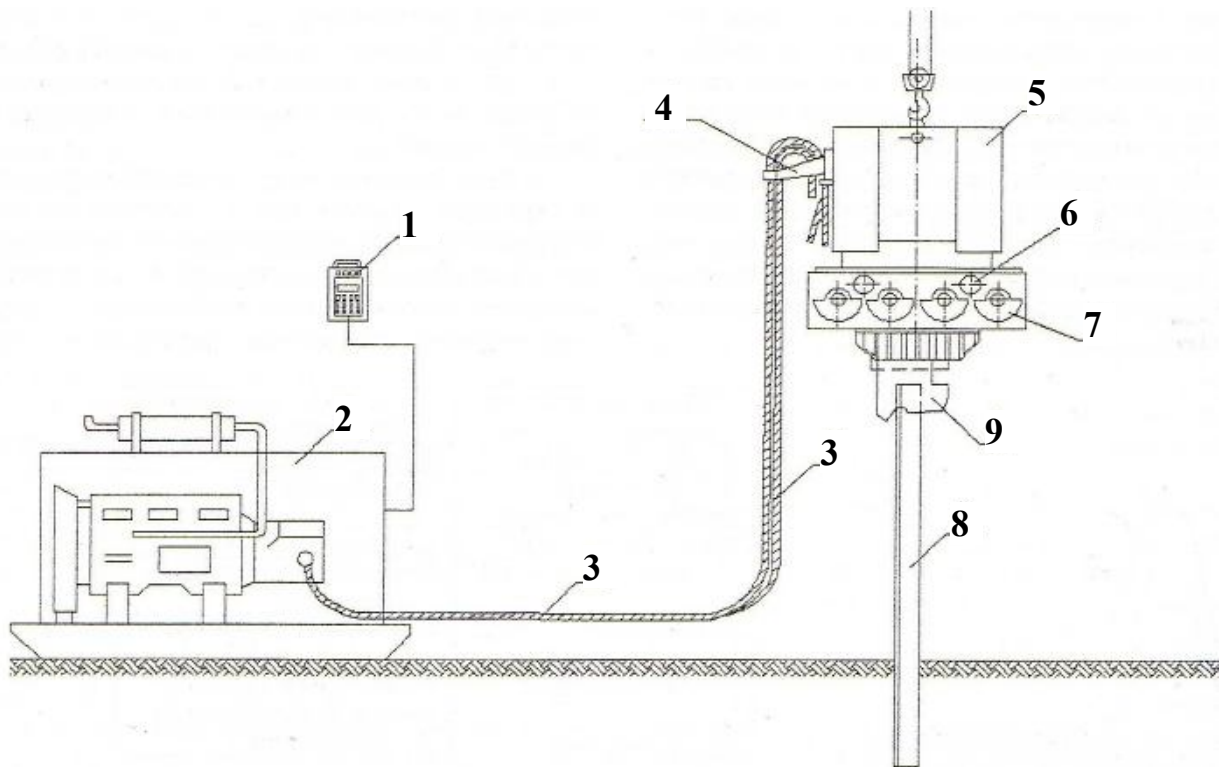


Рисунок 1.12 – Принципова схема комплекту обладнання для роботи гідравлічного віброзанурювача: 1 – пульт дистанційного керування; 2 – дизельний агрегат; 3 – гідравлічні масляні шланги; 4 – еластична підвісна опора шлангів; 5 – амортизатор; 6 – гідравлічний двигун; 7 – дебаланс; 8 – занурюваний елемент; 9 – гідравлічний наголовник (затискач)

Занурювачі оснащують знімними гідравлічними наголовниками, що уможливають занурення як одиничного, так і зібраного в пакети шпунта з різною формою поперечного перерізу (див. рис. 1.13).

Сучасні будівельні машини й механізми багатofункціональні, тому один механізм (один машиніст) може послідовно виконувати декілька видів робіт. Це уможливорює як зменшення інвестицій на придбання обладнання і скорочення фонду заробітної плати, так і зменшення потреби щодо кадрів.

До таких спеціальних робіт належать і роботи зі сталевим та полімерним шпунтом. Зазвичай занурення (витягування) шпунта виконують спеціалізовані будівельні компанії, у яких є відповідне обладнання: стрілові самохідні

(зазвичай гусеничні) крани з віброзанурювачами, що підвішують до гака, забезпечені гідростанцією, електростанцією або стаціонарними джерелами електроживлення.

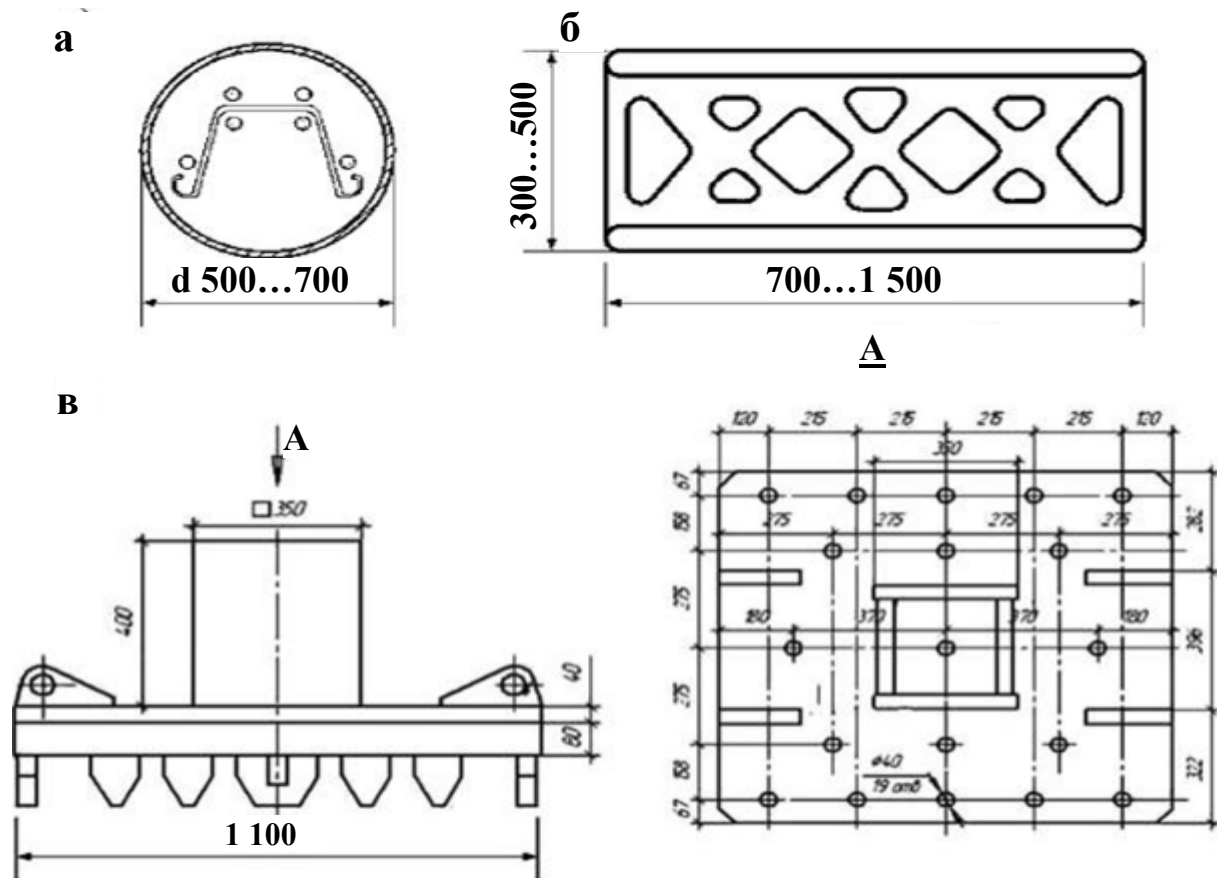


Рисунок 1.13 – Наголовник для занурення різних видів шпунтів: а – коритоподібного шпунта типу Ларсен; б – Z-подібного шпунта; в – для зварних шпунтових панелей

Однак у наш час зарубіжні будівельні компанії для занурення й вилучення шпунта все частіше використовують гідравлічні екскаватори, найпопулярніші й відносно дешеві будівельні машини. Сучасна гідросистема екскаватора забезпечує використання широкого набору навісного обладнання, зокрема ківш із зубами, планувальний ківш, грейфер, гідромолот, грейферні захвати, ножиці для бетону та арматури, а також віброзанурювачі шпунта. Приміром, у Фінляндії за допомогою екскаваторів із віброзанурювачами робочим органом виконують 90 % робіт щодо занурення шпунта.

Використання гідравлічних віброзанурювачів, змонтованих на екскаваторах із гідравлічним приводом, довело їхню високу ефективність: вони значно полегшують і прискорюють процес занурення (вилучення) шпунта (наприклад, досвідчений машиніст екскаватора за зміну може занурити до 100 пог. м. шпунтин).

Що особливо важливо, тепер будь-яка будівельна компанія, яка повинна виконати роботи зі шпунтом і в якій є гідравлічний екскаватор, може сама

здійснювати такі роботи. Як доводить практика, мінімальний термін окупності обладнання віброзанурювача й відповідного комплексу становить 6 місяців.



Рисунок 1.14 – Екскаватор, оснащений віброзанурювачем

Машиніст екскаватора, оснащеного віброзанурювачем (див. рис. 1.14), може самостійно виконати весь комплекс робіт: без допомоги крана вивантажити шпунт із транспортного засобу або підняти його з поверхні землі, розподілити по будівельному майданчику, занурити шпунт, потім, змінивши віброзанурювач на ківш, викопати котлован або траншею й засипати її, після чого знову, на заключній стадії робіт, за допомогою віброзанурювача витягти шпунт із ґрунту.

Використання спеціальної трамбувальної плити, що затискається захватом віброзанурювача, уможливорює, крім того, ущільнення ґрунту зворотного засипання вібраційним способом.

Унікальні технічні рішення – бічне захоплення шпунта й комп'ютерна система управління орієнтуванням ним у просторі – забезпечують ефективнішу роботу комплексу машини. Економічно така робота, зрозуміло, теж значно вигідніша порівняно з традиційним способом занурення шпунта, коли задіється низка механізмів (гусеничний кран, традиційний віброзанурювач із гідро-станцією, екскаватор) і додатковий персонал, зокрема допоміжні робітники.

Беручи до уваги особливості виконання робіт щодо вібраційного занурення (вилучення) металевого шпунта поблизу будівель і споруд, можна рекомендувати таку технологічну послідовність виконання шпунтових робіт:

- доставлений на будівельний майданчик шпунт повинен пройти вхідний контроль на відсутність залишкових деформацій, на геометричну правильність і збереження замків. Після перевірення стану шпунта, усунення дефектів, зняття задирок і напливів в торцях шпунт складують поблизу місця виконання робіт на дерев'яні підкладки, що розташовуються через 2...3 м по довжині шпунта. Для полегшення стропування між рядами й окремими шпунтами в ряду залишають проміжки не менше 10 см;

- шляхом пробних занурень шпунтин із проведенням вимірювання коливань елементів конструкцій поблизу розташованих будівель підбирають такі параметри віброзанурення (частоту й статичний момент маси дебалансів віброзанурювача, час вибігу), які б забезпечили високу швидкість занурення шпунта й допустимий рівень динамічних впливів на навколишні будівлі;

- підготовлені до занурення шпунтини укладають верхнім кінцем на підставку 1,0...1,2 м заввишки, до того ж кінець шпунтини повинен виходити за підставку на довжину не менше ніж на 1 м;

- віброзанурювач переводять в горизонтальне положення, краном піднімають віброзанурювач, заводять наголовник на шпунтину й затискають її;

- піднімають віброзанурювач із закріпленою шпунтиною й переносять до місця занурення;

- опускають шпунтину до рівня ґрунту й умикають електродвигун віброзанурювача;

- після занурення шпунтини до заданої позначки віброзанурювач вимикають, застосовуючи динамічне гальмування електродвигуна, і відкріплюють занурювач від шпунтини;

- занурюють наступну шпунтину в замок зануреної раніше.

Порядок виконання робіт дещо змінюється в разі використання віброзанурювачів із гідроприводом або системою бічного наведення на шпунт.

Під час виконання шпунтових робіт не можна допускати «забирання» шпунта, спричинене тим, що знову занурювана шпунтина внаслідок несправності замкового з'єднання тягне вниз сусідню, занурену раніше. До того ж виникають підвищені рівні коливання ґрунту, що передаються на будівлю. Для усунення «введення» раніше занурені шпунтини зварюють переривчастим швом, і віброзанурювач зазвичай легко долає додатковий опір у замку занурюваної шпунтини.

У разі підвищення вимог щодо точності влаштування шпунтових обгороджень у плановому положенні, шпунт занурюють, використовуючи

спеціальний кондуктор, що складається з напрямних маякових шпунтин, що занурюються, насамперед, по осі огорожі, до них на зварюванні або болтами прикріплюються дві напрямні горизонтальні балки, також виготовлені зі шпунта (рис. 1.15). Шпунт занурюють у просторі між напрямними захватками довжиною 6...12 м. Після заповнення ділянки кондуктор переставляють.

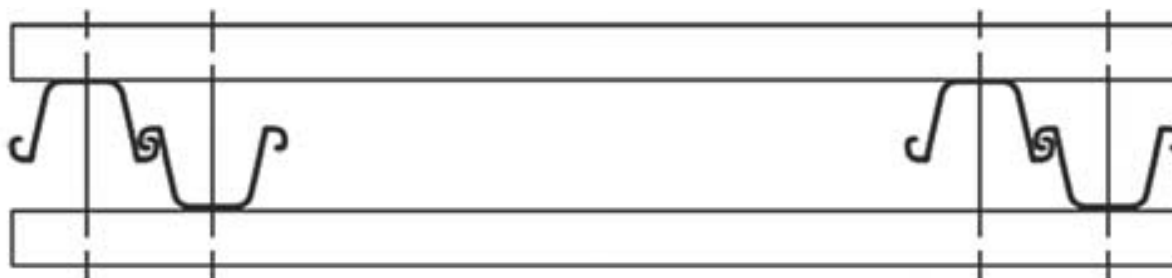


Рисунок 1.15 – Напрямний кондуктор для занурення шпунта в ряд

У разі недозанурення шпунтини до проектної глибини наступну шпунтину неможливо занурити на необхідну позначку через габаритні розміри деяких видів віброзанурювачів. Щоб усунути цей дефект недозанурену частину шпунтини зрізають на рівні голів шпунта або чергову шпунтову палю, що занурюється, нарощують на величину виступної частини недозануреної шпунтини, а далі, після набуття нею проектної глибини, обидві шпунтини зрізають до позначки верху шпунтового ряду.

1.3 Вдавлювання шпунта

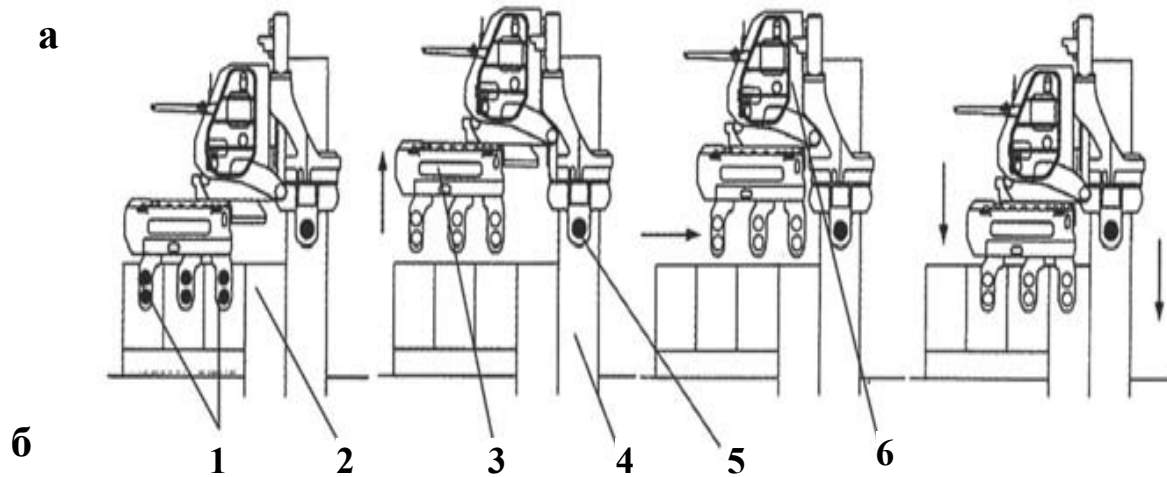
Окрім зазначеного методу, в умовах слабких ґрунтів здебільшого застосовують метод вдавлювання сталевого шпунта. Порівняно з вібраційним методом під час вдавлювання мінімізуються динамічні збурення, що поширюються в ґрунті, водночас потрібне масивне обладнання, щоб створити вдавлювальні зусилля не менше ніж 900 кН, що за умов роботи в прилеглий до наявних будівель зоні може перешкоджати розміщенню обладнання. В умовах будівельних майданчиків шпунт можна занурювати за допомогою установок, призначених для вдавлювання паль, вдавлювальний вузол яких оснащується як вставками, що повторюють профіль шпунта (переважно з коритоподібним перетином типу Ларсен), так і спеціалізованими установками.

До останніх із зазначених установок належить обладнання двох типів: установки, що пересуваються по шпунтових рядах і використовують їх як анкери для передавання реактивних зусиль під час вдавлювання і як вдавлювальні агрегати, встановлювані на щоглах бурових установок.

Розглянемо особливості роботи обладнання першого типу. Для вдавлювання перших 3...5 шпунтин установку монтують краном на інвентарній

підставці й привантажують баластними плитами. Крім того, перший ряд шпунтин можна занурити вібраційним занурювачем.

Установка самостійно пересувається по зануреній шпунтовій стінці, передаючи витягаюче зусилля на ґрунт під час вдавлювання в такій послідовності (рис. 1.16, а):



б



Рисунок 1.16 – Установки для вдавлювання шпунта системи Still Worker: а – схема переміщення по шпунтовому ряду; б – зовнішній вигляд установок; 1 – анкерні затискні блоки; 2 – анкерні шпунтини; 3 – гідроциліндр горизонтального переміщення; 4 – занурювальний шпунт; 5 – затискні блоки вдавлюваної головки; 6 – гідроциліндри вдавлювання

- з інвентарної підставки вдавлюється перший елемент;
- розпрямляються гідроциліндри анкерних затискних блоків, і установка за допомогою гідроциліндра горизонтального переміщення підтягується до занурюваного елемента;

- закріплюються анкерні затискні блоки на шпунтовому ряді й дотискається шпунт до проектної позначки.

Вдавлюваний вузол може повертатися в плані навколо осі на 180° , що уможлиблює занурення шпунтових стінок криволінійного обрису в плані.

Установки для вдавлювання шпунта системи АВІ Mobilarm (ThyssenKrupp Gft Bautechnik, Німеччина) монтуються на щоглі бурової установки й забезпечують одночасне вдавлювання до чотирьох шпунтин.

Загалом процес вдавлювання шпунта передбачає такі операції:

- розкладання (подавання) шпунта краном уздовж осі обгородження;
- розміщення установки вдавлювання на точці занурення шпунта вздовж або впоперек обгородження;
- піднімання й подавання вузла вдавлюваного шпунта краном;
- вдавлювання шпунта;
- переміщення установки на наступну точку занурення.

Для установок із вертикальною щоглою застосовують самостійне подавання шпунта до вдавлюваного вузла за допомогою вантажної лебідки.

Схеми організації робіт під час занурення шпунта для різних методів подано на рисунку 1.17.

У процесі робіт незалежно від обраного методу занурення необхідно контролювати стан шпунта в плані (допускається відхилення ± 15 см) і клиноподібність шпунтин, використовуваних для ліквідації віяловості в стінці (граничне відхилення $\pm 0,01$ довжини шпунта в метрах).

Розглянутий метод занурення шпунта різними способами свідчить про різноманіття сучасних методів, доцільність застосування яких у кожному окремому випадку повинно обґрунтовуватися як особливостями інженерно-геологічних умов об'єкта, так і техніко-економічними показниками.

Щодо шпунта понад 18 м завдовжки потрібно застосовувати спеціальні заходи для стикування на зварюванні в умовах будівельного майданчика у вигляді стендів укрупненого збирання з кондукторами (шаблон із шпунта завдовжки 6 м), що забезпечують лінійність розмірів і співвісність шпунтових замків.

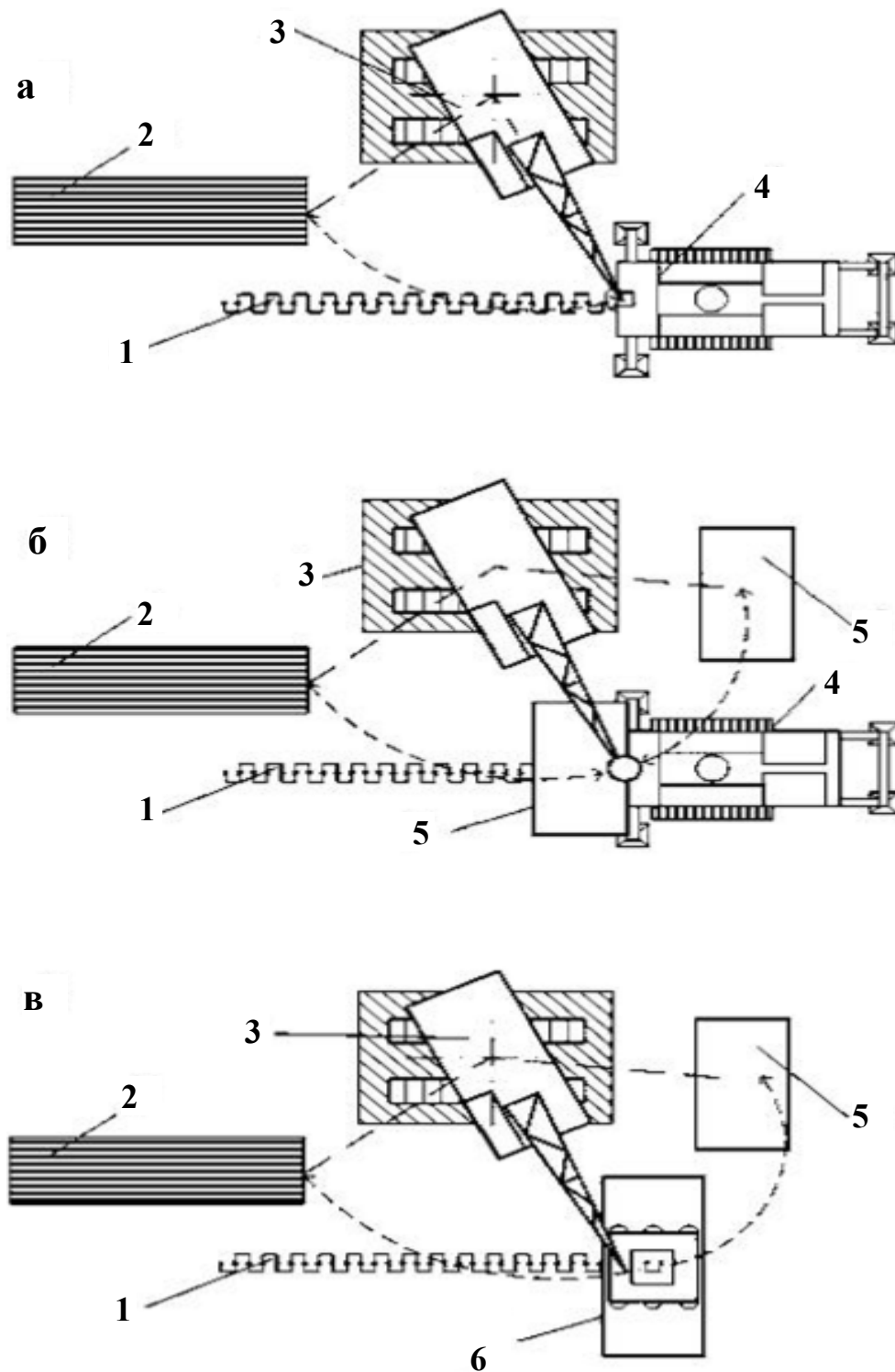


Рисунок 1.17 – План-схема організації робіт під час занурення шпунта різними методами:
 а, б, в – вдавлювання установками типу СО-450 або УВТ-200; 1 – шпунтве обгородження;
 2 – склад шпунта; 3 – кран; 4 – бурова установка; 5 – інвентарний привантажувач;
 7 – установка типу СО450 або УВТ-200

Крім вибору способу занурення шпунта, наступним важливим технічним завданням є забезпечення стійкості обгороджень в умовах слабких водонасичених ґрунтів, схильних до втрати несучої здатності у разі динамічних впливів у процесі розроблення.

1.4 Способи укріплення шпунтових обгороджень

У зазначених вище умовах, у разі недотримання вимог виконання робіт, можуть відбуватися як деформування обгородження котлованів, так і розпірних конструкцій, просідання й випирання ґрунту всередину підземної споруди, що супроводжуються руйнуванням конструкцій будівель, що прилягають до будівельного майданчика.

Розглянемо найпоширеніші технічні рішення забезпечення стійкості шпунтових обгороджень:

– консольні обгородження, зокрема з поясами жорсткості зі сталевих балок з різним перетином. Застосовуються для котлованів до 4 м завглибшки з обмеженням динамічних дій під час переміщення будівельної техніки й заборону складування матеріалів поблизу обгородження. До того ж за умови наявності слабких ґрунтів необхідно забезпечити заглиблення шпунта нижче дна котловану не менше ніж на $2/3$ його глибини;

– розпірні горизонтальні кріплення з металевих балок різного перетину (здебільшого труб) у разі ширини котловану до 15 м. Для котлованів великих розмірів застосовуються проміжні палі-стояки, що влаштовують до розроблення ґрунту. Таке конструктивне рішення обгородження потребує додаткових площ за межами котловану й не забезпечує горизонтальну стійкість нижче дна котловану;

– «острівний» спосіб із застосуванням ґрунтових берм і підкісним кріпленням сталевими балками або ферм до ділянок фундаментної плити чи паль-колон. Котлован розробляють по захваткам: на першій ґрунт відкопують на повну глибину, за винятком ділянок, що прилягають до шпунтових обгороджень, потім влаштовуються ділянки фундаментних плит, у які впирають підкісні кріплення за допомогою розподільних балок, що укріплюють шпунтові обгородження, на другий захватці котлован доопрацьовують і влаштовують конструкції будівлі «нульового» циклу (див. рис. 1.18);

– укріплення шпунтових обгороджень ґрунтовими ін'єкційними анкерами, які заглиблюють у щільні ґрунти за межами зон активного тиску ґрунту на обгородження і сприймають витягальні зусилля. Величина зусиль, що сприймаються одиничним анкером, для глинястих ґрунтів перебуває в діапазоні $0,1 \dots 0,5$ МН. Анкери влаштовують по периметру котловану з кроком $0,8 \dots 3,0$ м із кутом нахилу горизонталі до $30 \dots 40^\circ$. В умовах слабких ґрунтів таке рішення має застосовується обмежено, оскільки потребує занурення на значну глибину (понад $25 \dots 30$ м), а в разі влаштування анкерів під наявними інженерними комунікаціями, дорогами або будинками в конструкціях останніх може виникати додаткове деформування внаслідок змінювання напружено-деформованого стану ґрунту, що спричиняє його взаємодія із закладеним анкером;

– зміцнення ґрунту по всій глибині шпунта, а також створення ґрунтоцементних діафрагм нижче закладання котловану за методом струменевої цементації. Для створення суцільних діафрагм до 1 500 мм завтовшки ґрунтоцементні палі влаштовують по сітці 600×520 мм, проектна міцність матеріалу ґрунтоцементу приймається в межах 1,0 МПа, а модуль деформації – 400 МПа. Витрата матеріалів на 1 м буріння становить: води – 200...350 л, цементу – 300...400 кг, комплексних добавок – 7...12 кг;

– кріплення обгородження за допомогою горизонтальних дисків перекриттів, бетонуваних за технологією «зверху вниз». Шпунтові обгородження за такого методу комбінуються з траншейними бетонними стінами в ґрунті. Розроблення ґрунту ведеться через технологічні отвори в поетапно влаштованих перекриттях, бетонуваних із опалубки, безпосередньо покладеної на ґрунт. Для опор перекриттів використовуються палі-стояки, що влаштовуються до виконання основного контуру обгородження котловану. Метод уможливує мінімізацію впливу будівельних процесів і розроблення ґрунту підземного обсягу на напружено-деформований стан ґрунтового масиву й конструкції, розташованих поблизу будівель і споруд. Окрім того, цей метод найвитратніший і потребує високої кваліфікації з боку спеціалізованої будівельної організації.



Рисунок 1.18 – «Острівний» спосіб із застосуванням ґрунтових берм і підкисним кріпленням сталевими балками

На підставі викладеного можна зробити такі висновки:

1) в умовах сучасного будівництва під час виконання різних видів робіт нульового циклу (обгородження котлованів, влаштування розділювальних стінок, створення в ґрунті водоґрунтонепроникних перешкод) застосування шпунта, як це було раніше, залишається актуальним технологічним рішенням;

2) широко використовується сталевий шпунт із різною формою поперечного перерізу й конструкцій замкових з'єднань, що забезпечує утримування стінок котлованів до 15 м завглибшки;

3) для заглиблення шпунта в ґрунт використовуються різні методи: забивання, вібраційне занурювання і вдавлювання. Основним способом занурення й вилучення шпунта є вібраційний метод, який характеризується високою продуктивністю і можливістю застосування простого комплексу технічних засобів.

Контрольні питання:

1. Подайте класифікацію шпунта за матеріалом і технологією занурювання.

2. Як необхідно з'єднувати шпунтини, щоб забезпечити водонепроникність обгородження?

3. Як забезпечується утримування шпунтин у проектному положенні під час занурення їх у ґрунт?

4. Який спосіб занурення й вилучення шпунта є основним?

5. Чим обумовлено застосування шпунта під час влаштування фундаментів поблизу наявних будівель?

6. Використання якої плити забезпечує ущільнення ґрунту зворотного засипання вібраційним способом?

7. З яких технологічних операцій у загальному випадку складається процес вдавлювання шпунта?

8. Які спеціальні заходи потрібні для занурення шпунта понад 18 м завдовжки?

9. Назвіть найпоширеніші технічні рішення для забезпечення стійкості шпунтових обгороджень.

2 ВИКОНАННЯ РОБІТ З УЛАШТУВАННЯ ПАЛЬ

2.1 Класифікація паль

Палі у фундаментах застосовують здавна. Спочатку їх застосовували для ущільнення ґрунтів із метою підвищення несучої здатності основ, потім – як несучі елементи, що передають навантаження від плити фундаментів на ґрунт. Палі виготовляли з лісоматеріалів і забивали в ґрунт ручними молотами. Голови паль зрізали нижче рівня води, захищаючи їх від контакту з повітрям.

У наш час застосовується понад 100 типів паль, які можна класифікувати за трьома найістотнішими ознаками:

– за особливостями передавання навантаження на ґрунт (палі-стояки, висячі, ущільнювальні, тертя);

– за способом заглиблення або влаштування паль у ґрунті (виготовлені заздалегідь і занурювані в готовому вигляді; виготовлені в проектному положенні; комбіновані);

– за матеріалом: дерев'яні, бетонні, залізобетонні, сталеві, комбіновані.

Класифікація паль за другорядними ознаками:

– за формою поперечного перерізу: круглі; багатогранні; квадратні; трубчасті; прямокутні; хрестоподібні; трикутні;

– за формою повздовжнього перерізу: циліндричні (призматичні); конічні; пірамідальні; із рифленою поверхнею.

– за різновидом діючого зусилля: стиснуті; розтягнуті; гнуті;

– за розташуванням у фундаменті: вертикальні; похилі.

За особливостями передавання навантаження на ґрунт найпоширеніші палі-стояки й висячі палі. Палі-стояки передають навантаження на ґрунт здебільшого нижнім кінцем на малостиснуті ґрунти (скельні, великоуламкові з піщаним заповнювачем, тверді глини). Висячі палі передають навантаження на будь-які ґрунти нижнім кінцем і внаслідок сил тертя по бічній поверхні.

Дерев'яні палі в капітальних конструкціях застосовуються зрідка, оскільки вони мають певні недоліки: обмежена довжина; трудно занурювати в щільні ґрунти; можуть загнитися або пошкоджуватися комахами.

Добре зберігаються палі, які тривалий час перебувають під водою. Для цього рівень зрізання дерев'яних паль повинен бути на 0,5 м нижче рівня ґрунтових або морських вод. Також виправдане застосування дерев'яних паль під час влаштування тимчасових і короткострокових споруд із терміном використання до 10 років.

Дерев'яні одиничні палі виготовляють із колод, діаметр стовбура – 22...28 (30) см, зберігають також їхню конусність. Вологість лісоматеріалу паль

не обмежують. Одиначні палі, як і будь-які інші, містять такі конструктивні елементи:

- голову – верхній кінець палі, оснащenu металевим бугелем зі смугової сталі (рис. 2.1, а);
- вістря – нижній кінець палі (рис. 2.1, б); на вістрі набивається башмак зі смугової сталі (рис. 2.1, в);
- тіло – частина палі між головою й вістрям.

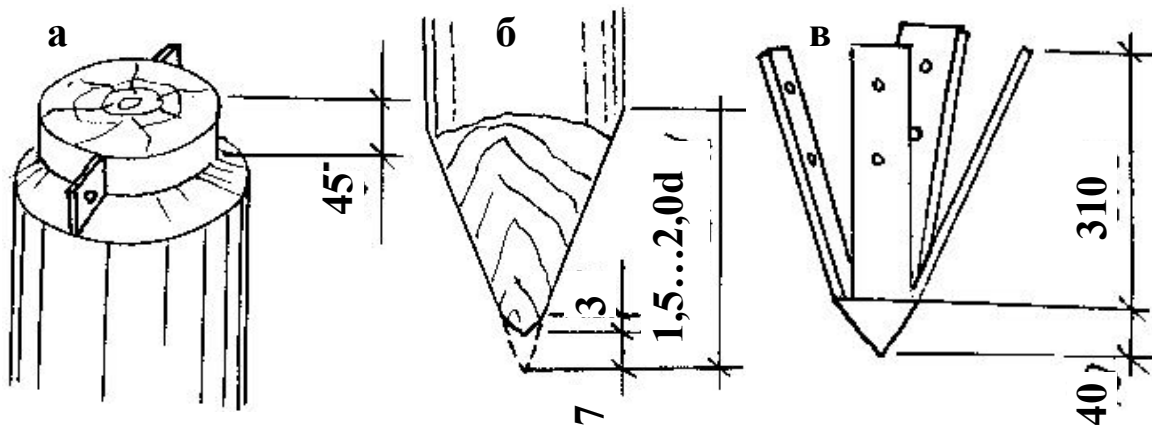


Рисунок 2.1 – Одиначна дерев'яна паля: а – голова; б – вістря; в – башмак

Одиначна паля зазвичай 6,5...8,0 м завдовжки. У разі недостатньої довжини колод палі нарощують до необхідної довжини у процесі виготовлення або забивання. Колоди з'єднують за допомогою відрізка труби (в обоймі) або за допомогою накладок з кутикового сталевого прокату (див. рис. 2.2).

Кущові палі отримують шляхом поєднання двох колод однакового діаметра з притісуванням їх по довжині. Колоди стягують болтами, встановленими через 1,5...2,0 м або скобами, що встановлюються не рідше ніж через 0,8 метра. Діаметр колод приймається таким самим, як і для одиначних паль (див. рис. 2.3). Нижній кінець палі загострюють і одягають на нього металевий башмак незалежно від виду ґрунту, у який занурюють паля (див. рис. 2.3, б).

Палі-споювання утворюються шляхом спювання 3...4 колод або чотирьох брусів (частіше брусів). Зважаючи на значну довжину паль, колоди (або бруси) доводиться зрощувати по довжині. Можуть застосовуватися бруси з обзелом:

- 4 (18×18) см $\ell = 9,6 - 12,8$ м;
- 4 (20×20) см $\ell = 12,8 - 14,4$ м;
- 4 (22×22) см $\ell = 14,4 - 16,0$ м;
- 4 (25×25) см $\ell = 17,6 - 19,2$ м.

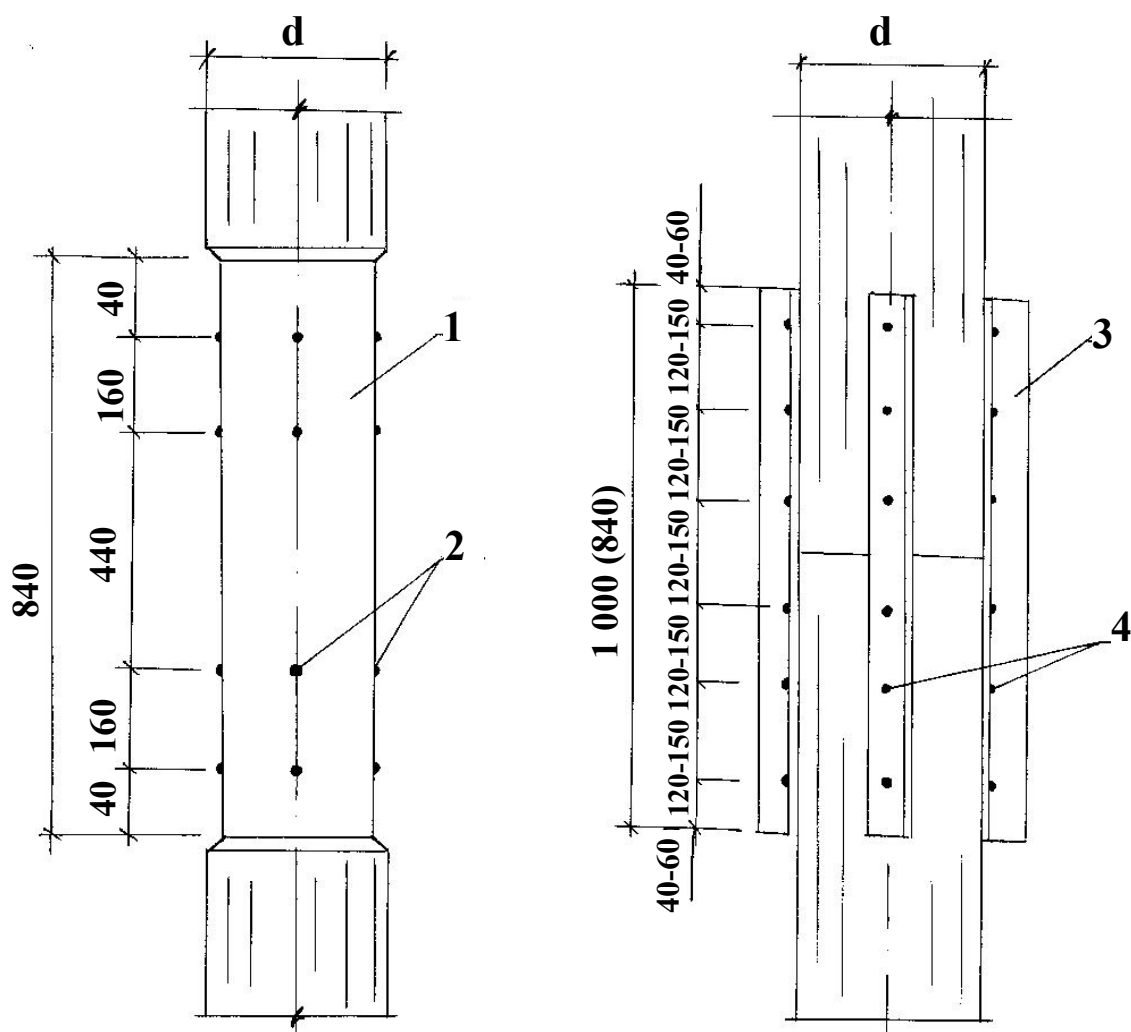


Рисунок 2.2 – Стик в обоймі з труби (а) і на накладках (б):
1 – обойма; 2 – йоржі (шурупи); 3 – накладки з кутика; 4 – болти

Стики розташовують врозбїг. Відстань між стиками має становити не менше ніж 1,5 м з розташуванням болтів не менше ніж 4 штуки на 1 пог. м з одного боку палі. На одному з боків палі-сполування встановлюють накладки зі сталевї штаби впотай, головки болтів з цього боку також розташовують впотай. На трьох інших боках не смуга (900×90×8 мм), а куточок (800...900×90×9 мм). Кожен куточок кріпиться чотирма болтами. Болти перед забиванням палі підтягують. Металевий башмак (рис. 2.4) роблять зі сталевї полоси 120×6 мм, цвяхами черевик прикріплюють до вістря палі ($d = 6$ мм, $l = 200$ мм). На один стик іде 36...60 кг металу.

Сталевї палі в сучасному капітальному будівництві зазвичай не використовують. Їх застосовують під час проведення тимчасового й короткострокового будівництва, особливо в разі наявності щільних і вивітрюваних скельних ґрунтів.

Сталевї палі виготовляють із різним перетином із таких матеріалів:

- труби d 325, 426, 630 мм і оболонки d 1020...1422 мм;

- сталевому прокату різного профілю;
- пакетів із рейок.

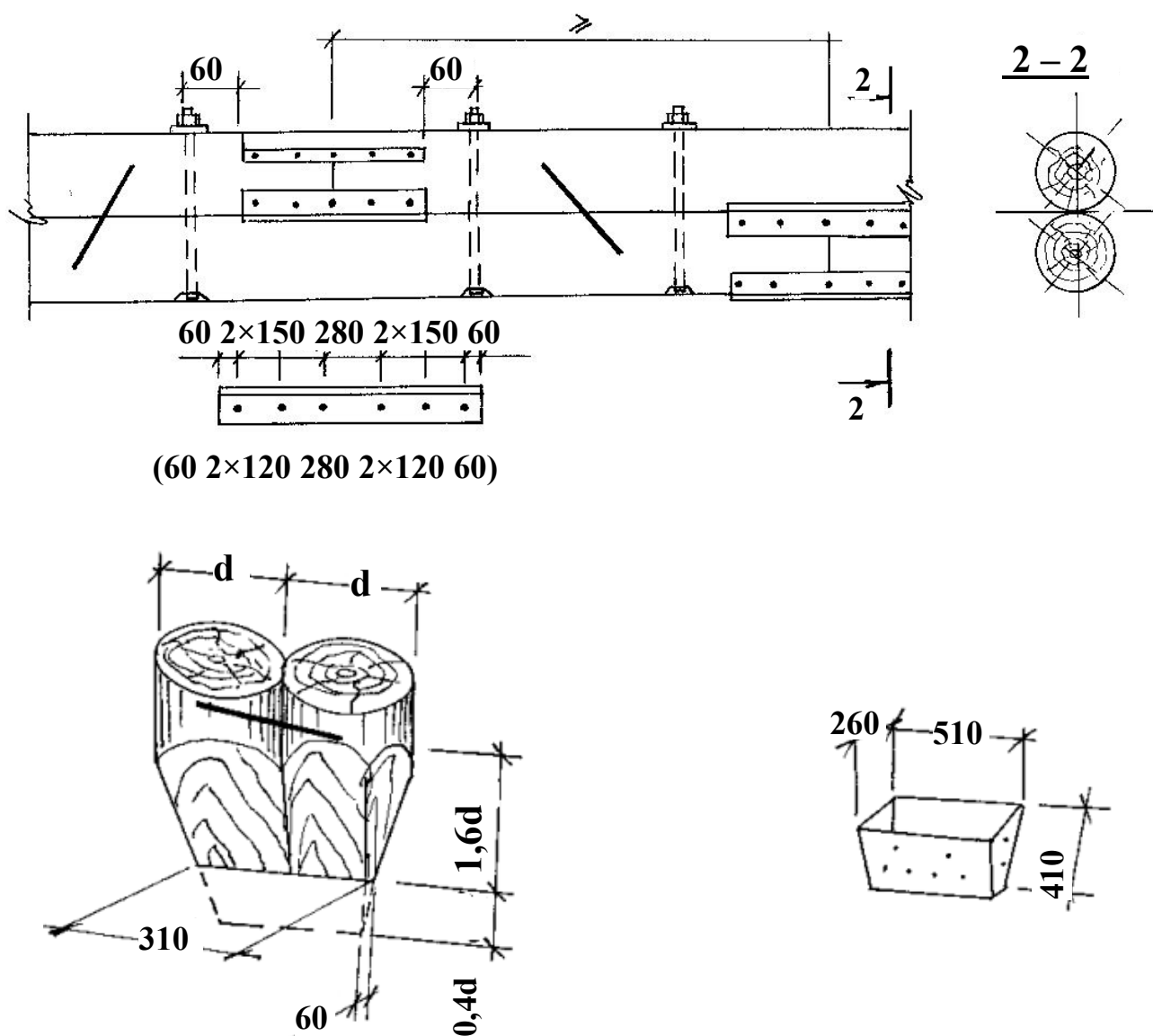


Рисунок 2.3 – Кущова палія: а – загальний вигляд; б – вістря; в – башмак

Перевагами сталевих паль є порівняно невелика маса, висока міцність, простота виготовлення, транспортабельність і можливість забивати їх у міцних ґрунтах. Крім того сталеві палі легко стикуються по довжині за допомогою електрозварювання із застосуванням накладок із сталевому прокату.

Недоліком варто вважати підвищену корозійність матеріалу, особливо в зоні змінюваної вологості. До того ж застосовувати такі палі економічно не вигідно.

Сталеві палі на нижньому кінці мають приварений сталевий загострений башмак або, якщо діаметр значний (1 020...1 422 мм), можуть бути з відкритим нижнім кінцем, із видавлюванням з них ґрунту в процесі занурювання.

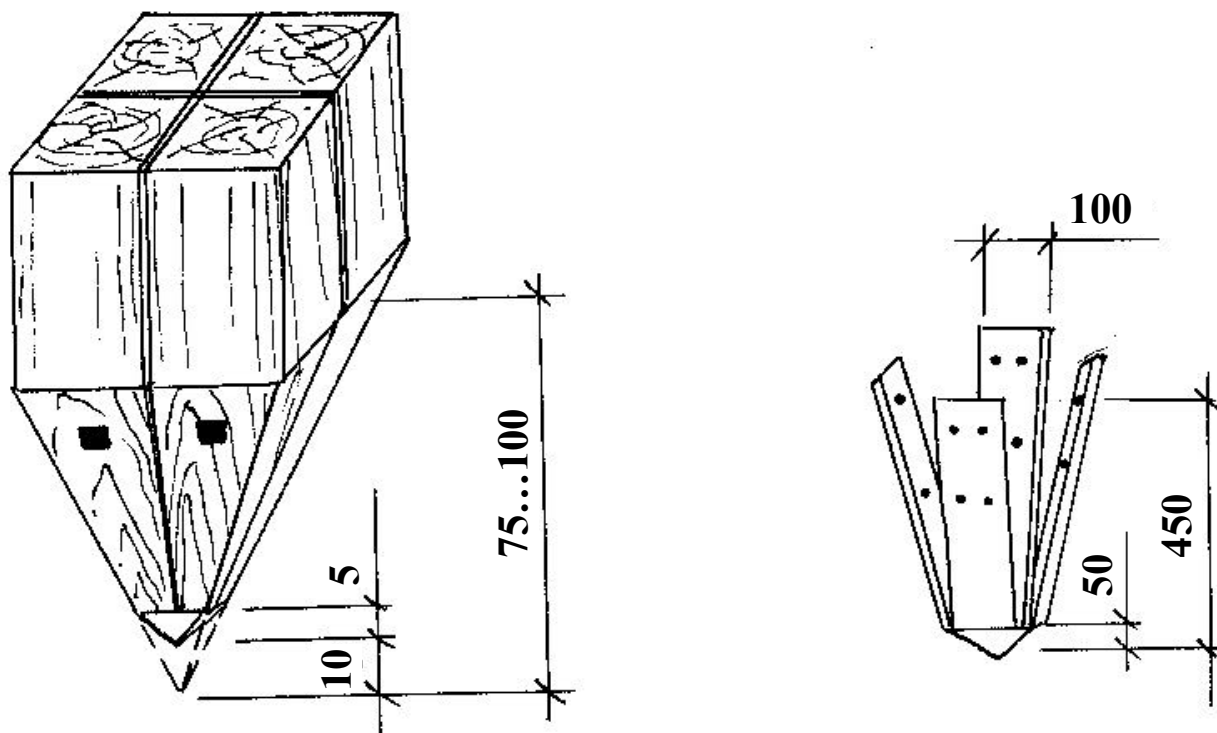


Рисунок 2.4 – Загострення палі-споювання (а) і башмак (б)

Для захисту сталевих палей від корозії застосовуються різні покриття з фарб (рис. 2.5), смол, бітуму тощо, але необхідно брати до уваги, що під час занурення сталевих палей у тверді глинясті і незв'язні щільні ґрунти покриття може пошкоджуватися.



Рисунок 2.5 – Металеві палі

Сталезалізобетонні палі застосовують значно частіше й становлять сталеву оболонку з бетонним заповненням. Ефективні в разі обпирання на міцні ґрунти. Діаметри оболонок – 426...1 422 мм, товщина стінок – 8...16 мм, монтажні ланки 6...10 м завдовжки, з'єднання – зварюванням.

Сталеві гвинтові палі (рис. 2.6) складаються зі стовбура; гвинтової лопаті, завдовжки не менше повного витка й діаметром не більше ніж 4,5 діаметра стовбура; наконечника й оголовка.

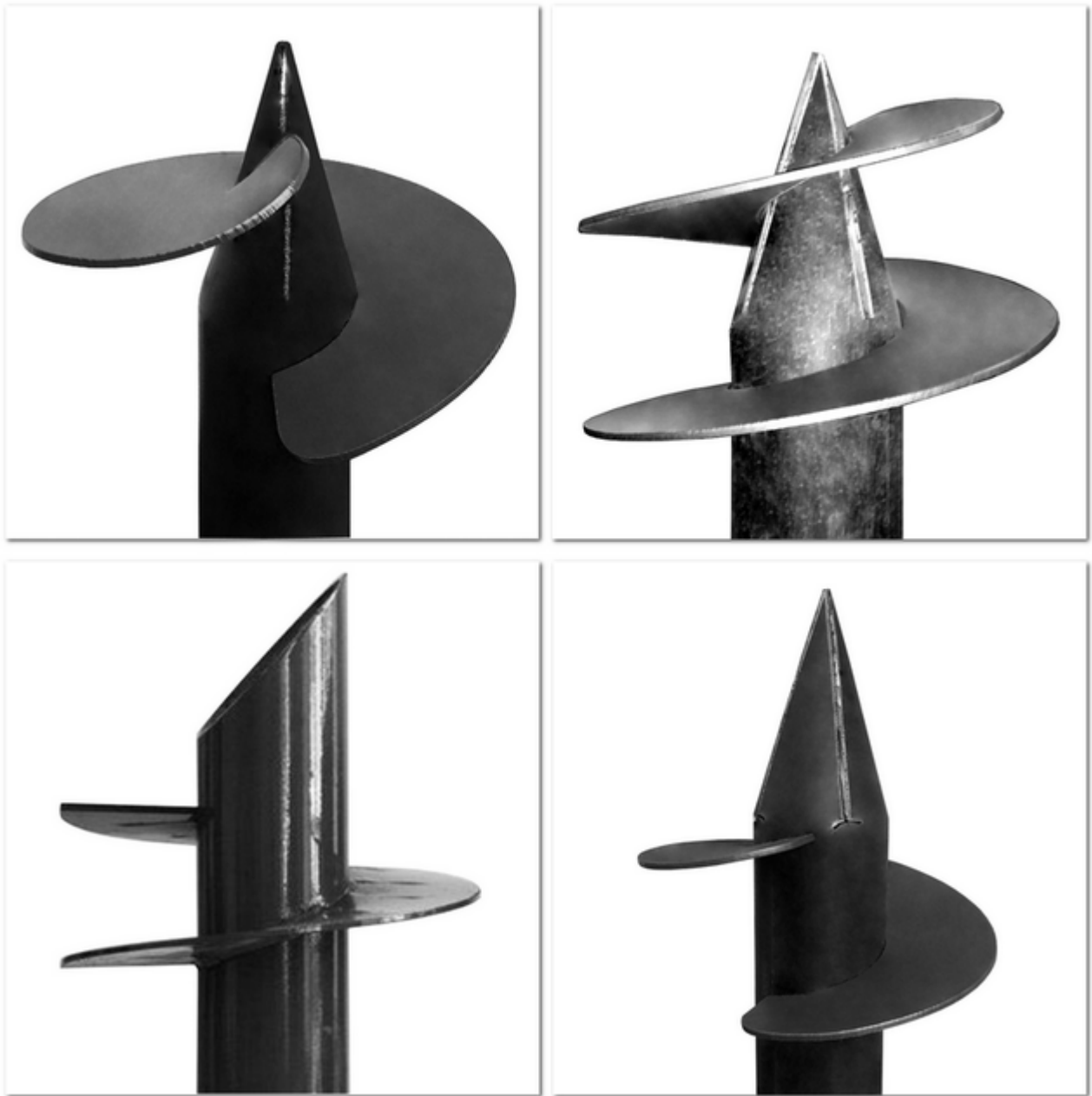


Рисунок 2.6 – Гвинтові палі

Занурюються сталеві гвинтові палі шляхом загвинчування за допомогою кабестана. За діаметра лопаті 3 м несуча здатність палі, якщо глибина занурю-

вання становить 50 м, досягає 1 500 тс. Можуть застосовуватися в широкому діапазоні ґрунтів.

Залізобетонні палі заводського виготовлення найширше застосовують у фундаментобудуванні. Їх виготовляють зі звичайного й попередньонапруженого залізобетону, застосовують у звичайних і суворих кліматичних умовах (до $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$). Різниця – у виконанні захисного шару й матеріалах – бетони, арматурі. Палі можуть бути нетріщиностійкими, тріщиностійкими й витривалостійкими. Арматурні каркаси паль – зварні та в'язані. Схема армування палі наведена на рисунку 2.7.

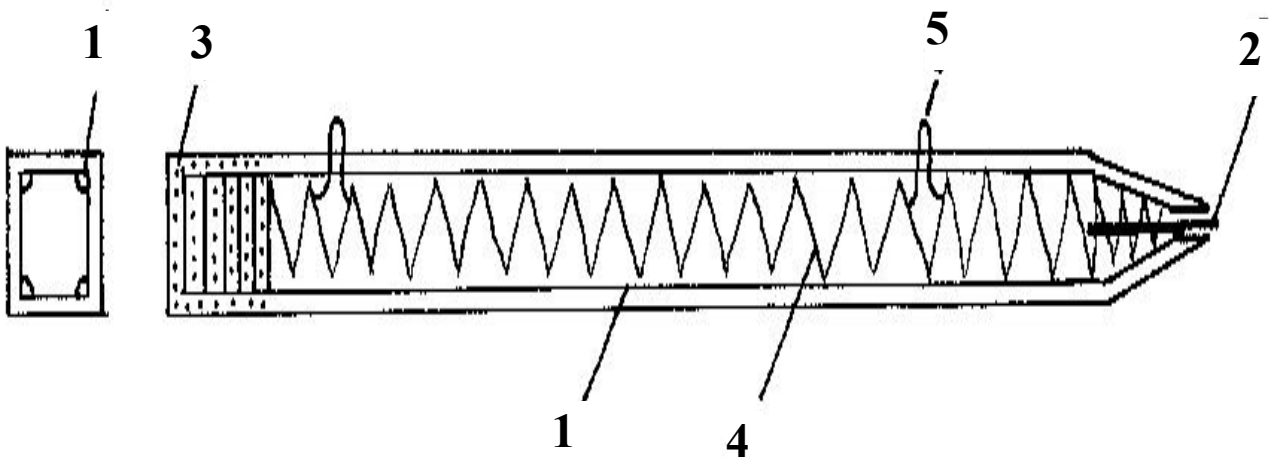


Рисунок 2.7 – Схема армування залізобетонної палі:

1 – повздовжня робоча арматура; 2 – стрижень вістря палі; 3 – зварні сітки; 4 – хомути у вигляді безперервної спіралі з різним кроком; 5 – стропувальні петлі

Залізобетонні палі можуть мати різний поперечний переріз (приклади перетинів паль наведені на рисунку 2.8).

Призматичні залізобетонні палі виготовляються в широкому асортименті для різних видів будівництва. Призматичні палі можуть бути як з вістрям, так і без нього.

У разі необхідності призматичні палі подовжують. Способи стикування паль такі: з улаштуванням зварного стику (див. рис. 2.9, а) і з улаштуванням стаканного стику (рис. 2.9, б).

Порожністі круглі палі розподіляють так:

- власне порожністі круглі палі з діаметром 0,4; 0,6 і 0,8 м. Довжина секцій паль – 4...12 м з градацією через 2 м, товщина стінки – 8...10 см;
- палі-оболонки з діаметром 1,2; 1,6 і 3,0 м, товщина стінки – 12 см.

Порожністі круглі палі виготовляють із загостреним нижнім кінцем, оболонки – із відкритим нижнім кінцем.

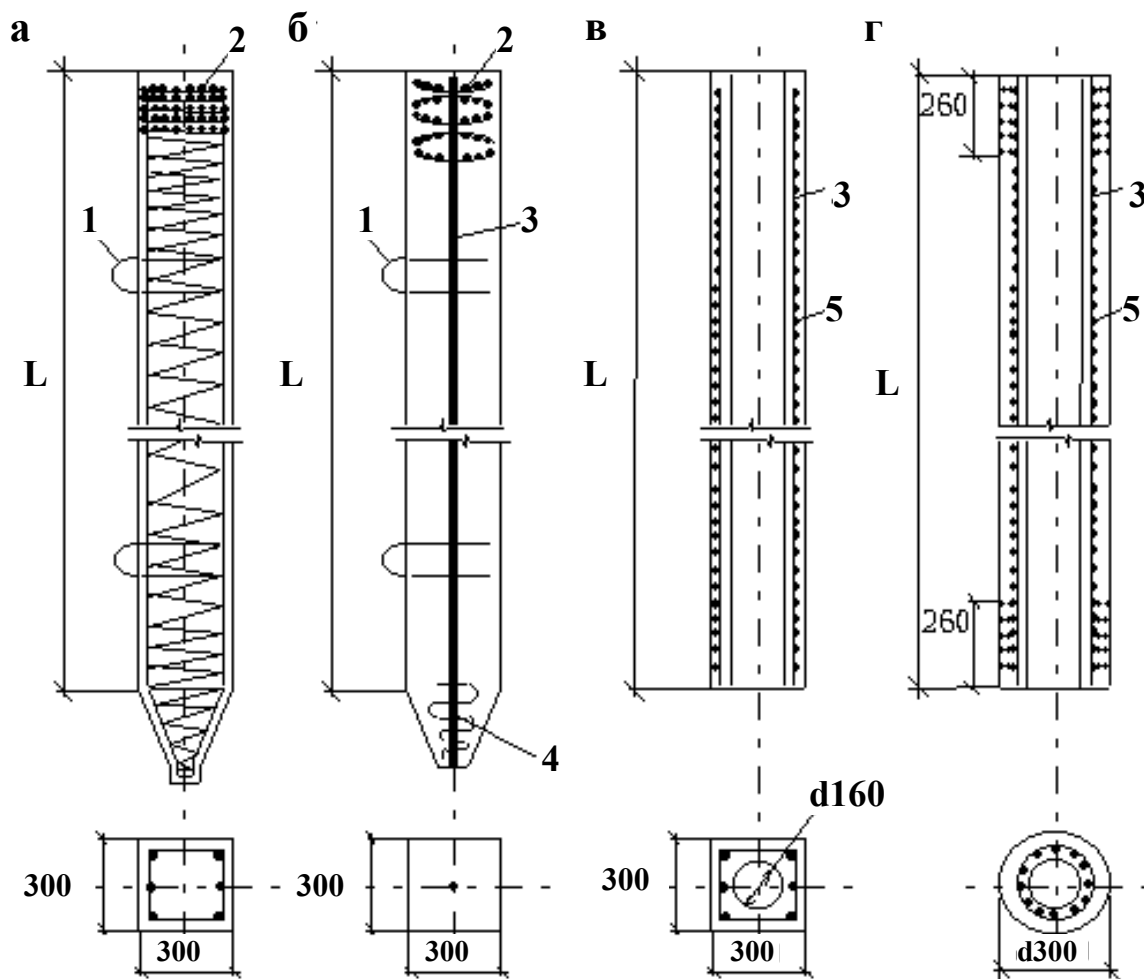


Рисунок 2.8 – Конструкція і перетин залізобетонних паль: а – призматична з поперечним армуванням стовбура; б – те саме без поперечного армування стовбура; в – те саме з круглою порожниною; г – порожниста кругла: 1 – стропальна петля; 2 – арматурні сітки голови; 3 – повздовжня арматура; 4 – спіраль вістря; 5 – поперечна спіральна арматура

Для занурення в оболонках зазвичай застосовують наконечник відкритої конструкції у вигляді ножа 4 варіантів залежно від ґрунтових умов. Ножі кріпляться зварюванням до повздовжньої арматури або болтами до стикових закладних частин ланки.

Для з'єднання секцій застосовують фланцево-болтовий стик (див. рис. 2.10, а) і зварний стик (див. рис. 2.10, б). Фланцево-болтовий стик зручний для занурення оболонок під час їхнього нарощування. Після затягування болтів шов між фланцями заварюють. Зварний стик кращий під час укрупнювального збирання. Стик після зварювання в обох випадках омоноличують. Палі в зоні змінюваного зволоження й висихання, заморожування й відтавання заповнюють бетоном, щоб унеможливити руйнівну дію води.

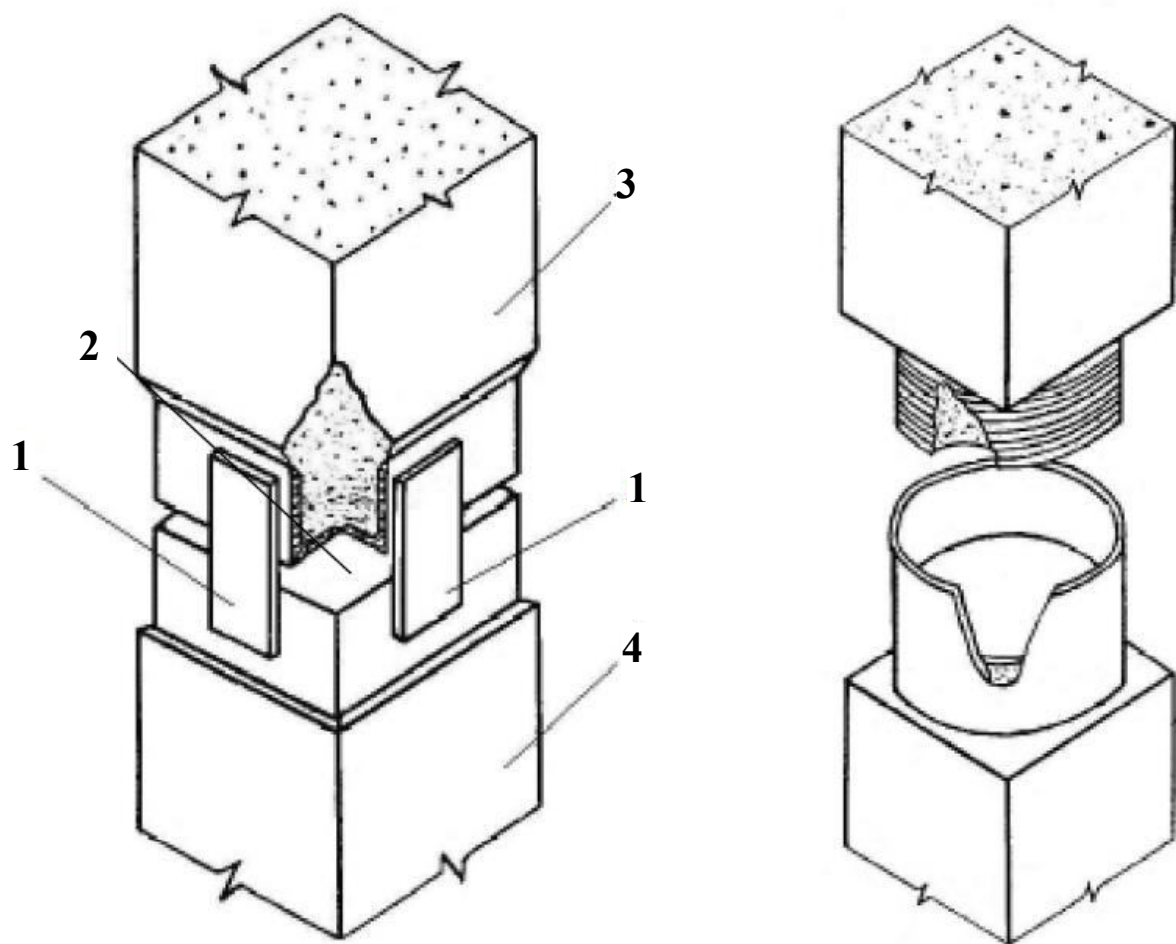


Рисунок 2.9 – Способи стикування призматичних паль:
 а – зварний стик; б – стаканний стик; 1 – накладки розмірами 10×160×200...10×220×250 мм;
 2 – центральна прокладка 150×150×4 мм; 3 – верхня секція паль; 4 – нижня секція паль

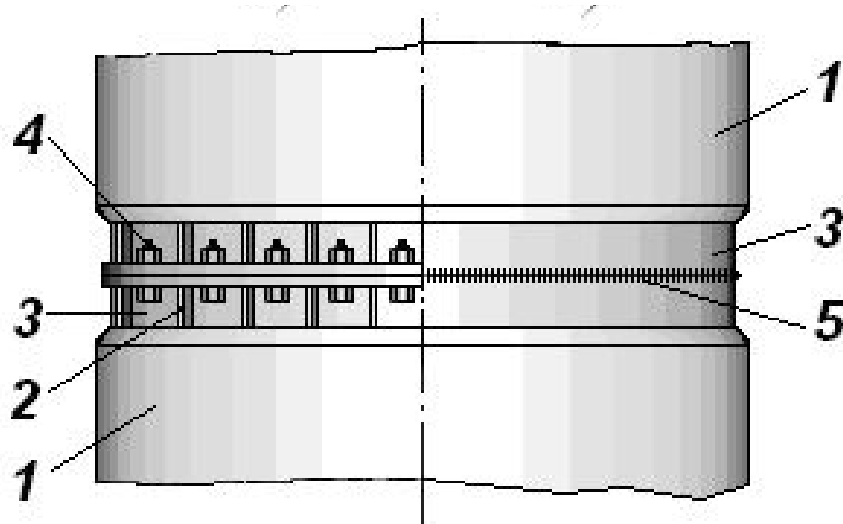


Рисунок 2.10 – Стики секцій оболонок: а – болтовий; б – зварний; 1 – ланка оболонки;
 2 – ребро жорсткості; 3 – обичайка; 4 – болт; 5 – зварний шов

Палі, що виготовляються в проектному положенні (рис. 2.11), у наш час застосовують під час будівництва фундаментів для широкого спектру споруд у

різних ґрунтових умовах; у слабких ґрунтах для підвищення несучої здатності можуть виготовлятися з розширеною п'ятою.

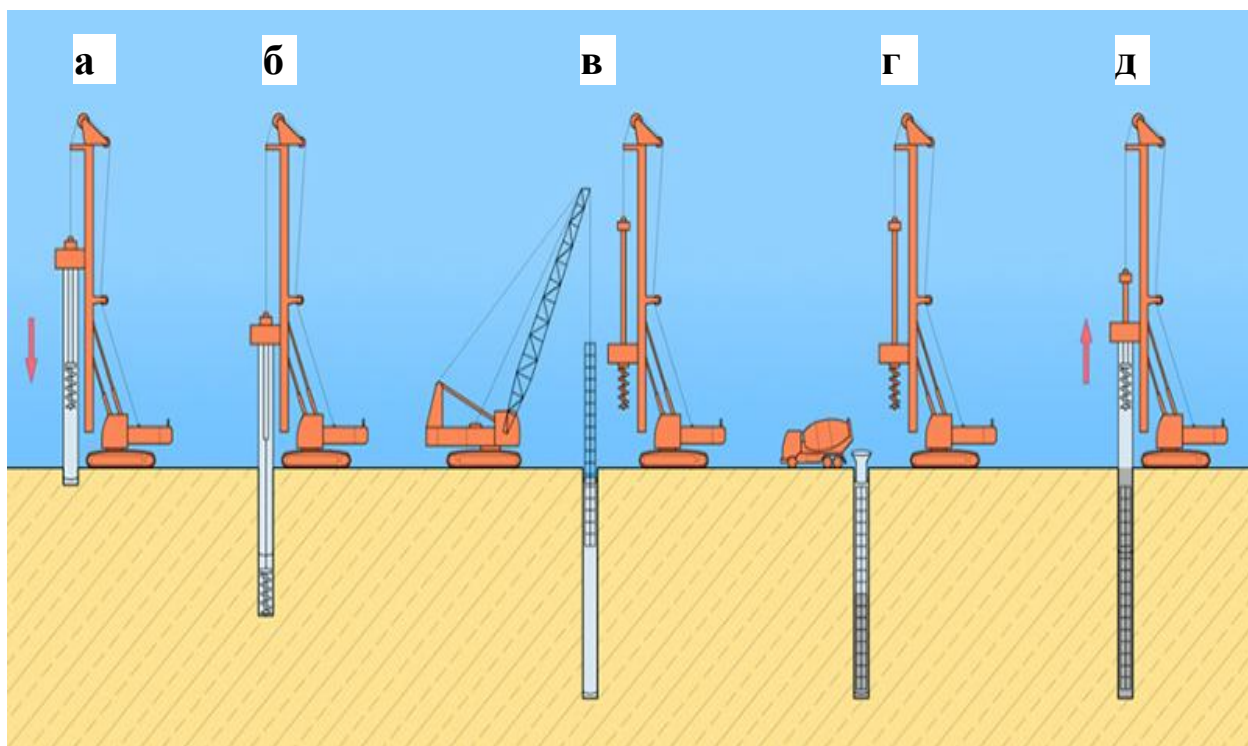


Рисунок 2.11 – Бурунабивні палі: а – занурення колони обсадних труб у ґрунт; б – виймання ґрунту з обсадної колони; в – занурення армокаркасу в свердловину; г – заповнення свердловини бетоном; д – витягування обсадних труб

Зазвичай для таких палей у ґрунті попередньо влаштовують порожнину шляхом розбурювання або витрамбовування. Свердловини розбурюють насухо або підводним способом, застосовуючи заходи проти обвалення ґрунтів:

- заповнення свердловин водою або глинястим розчином;
- застосування обсадних труб (можуть занурюватися з закритим нижнім кінцем і з відкритим; у разі закритого нижнього кінця наконечник труби залишається в ґрунті).

Бетоновані в свердловинах палі армують каркасами з повздовжніх стрижнів періодичного профілю діаметром 20...38 мм, об'єднаних спіраллю з дроту 8...10 мм. Захисний шар бетону має становити не менше ніж 10 см.

Можливе установа в пробурену й заповнювану бетоном свердловину осердя з елементами заводського виготовлення (комбіновані палі). Таке рішення зазвичай застосовується у разі залягання несучого шару на глибині більше ніж 20 м.

Один із різновидів палей, що виготовляються в проектному положенні, – ін'єкційні палі. Під час їх влаштування пробурюють відносно вузьку свердловину (шпур), вставляють ін'єктор і під тиском закачують спеціальний

розширювальний під час зчеплення розчин. Такий спосіб часто застосовується для підсилення наявних фундаментів.

2.2 Способи занурення й виготовлення паль

За методом занурення палі заводського виготовлення поділяють на такі види:

– занурювальні в ґрунт без його виймання чи в лідерні свердловини за допомогою молотів, віброзанурювачів, вібровдавлювальних, віброударних і вдавлювальних пристроїв, а також залізобетонні палі-оболонки з діаметром до 0,8 м, заглиблювальні віброзанурювачами без виймання або з частковим вийманням ґрунту і частково або повністю заповнювані бетонною сумішшю;

– палі-оболонки залізобетонні, заглиблювані віброзанурювачами з вийманням ґрунту і заповнювані частково або повністю бетонною сумішшю.

Ударний спосіб занурення паль застосовується для занурення паль у нескельні ґрунти, як основні робочі органи використовують пальові молоти. Незалежно від конструктивного виду, щоб надати палі поступального руху в ґрунті, у молоті використовується енергія спадної ударної частини. Для цього її попередньо піднімають на деяку висоту, тому всі пальові молоти працюють циклічно: підймання (холостий хід) – падіння, тобто прискорений рух ударної частини вниз, удар по палі (робочий хід) тощо.

За різновидом приводу молоти поділяються на механічні, пароповітряні, дизельні й гідравлічні. До складу установки, окрім молота, входить підтримувальний механізм – копер (копрове обладнання) з напрямними для руху молота й палі.

За особливостями роботи розрізняють молоти простої (одиночної) і подвійної дії. У молотах простої дії робочий хід (удар по голові палі) відбувається за допомогою кінетичної енергії, набутої ударною частиною в процесі падіння. Для кожного підймання ударної частини на певну висоту використовують певне джерело енергії. У молотів подвійної дії його використовують не тільки для підймання ударної частини, а й для посилення робочого ходу, тобто падіння. Основні параметри пальових молотів: енергія удару, частота ударів, маса ударної частини, потужність і повна вага молота.

Переваги ударного способу – проконтролювати якість матеріалу стовбура палі можна до занурення; не спостерігається додаткового сезонного здорожчання робіт під час влаштування паль; висока технологічність і простота способу.

Основний недолік методу – динамічний і шумовий вплив у процесі забивання, що обмежує його застосування в умовах міської забудови (особливо в історичній частині міста). Номенклатура паль також обмежує їхні розміри й, відповідно, проектні навантаження.

Спосіб віброзанурення застосовують для заглиблення паль у нескельні ґрунти на глибину 20...70 м переважно залізобетонних, металевих або комбінованих паль-оболонки із діаметром до 3,0 м.

Розрізняють низькочастотні (з циклічною частотою коливання менше 10 Гц) і високочастотні (з частотою понад 16,6 Гц) віброзанурювачі.

Переваги способу – набагато менший динамічний і шумовий вплив, що уможлиблює застосування віброзанурення в міських умовах; можливість занурення палі великого діаметру на значну глибину. Варто також відзначити меншу ймовірність руйнування матеріалу палі під час занурення.

Недоліками можна вважати велику затратність способу порівняно з забивним, оскільки необхідно влаштовувати додаткові конструкції і пристосування для занурення палі в проектному положенні.

Для заглиблення паль в нескельні ґрунти застосовують *метод вдавлювання* паль, який застосовують здебільшого в міських умовах.

Переваги методу – занурювання паль відбувається із мінімальними енерговитратами; немає шумового впливу; висока точність занурення; можна визначити несучу здатність палі на підставі аналізу зусилля вдавлювання. Окрім того, спосіб застосовується для підсилення наявних фундаментів будівель і споруд, коли необхідно вдавлювати малорозмірні складники палі в обмежених умовах (наприклад із підвалів будинків).

Недоліки способу – можна вдавлювати порівняно невеликі за перетином палі на незначну глибину.

У деяких випадках можна комбінувати застосування зазначених вище способів для занурення паль заводського виготовлення.

Способи виготовлення паль в проектному положенні розподіляються на такі два види:

а) бурові палі з витяганням ґрунту:

– влаштування палі шляхом обертального буріння з промиванням і утримуванням стовбура свердловини глинястим розчином;

– прохідний шнек – свердловина влаштовується за допомогою безперервного прохідного (порожнього) шнека;

– влаштування паль під захистом обсадних труб з витяганням ґрунту шнеками або спеціальним буровим інструментом, закріпленим на кінці телескопічної штанги;

– метод подвійного обертання. Свердловина буриться під захистом обсадної труби, що обертається, всередині неї в інший бік обертається порожнистий шнек;

б) набивні методи влаштування паль без вилучення ґрунту:

- із угвинчуванням порожнистої обсадної труби з башмаком, що втрачається. У процесі вилучення труби утворена в ґрунті порожнина заповнюється бетоном;
- із вібраційним зануренням обсадної труби з башмаком, що втрачається;
- із забиванням порожнистої обсадної труби з наконечником, що втрачається, і витяганням її вібратором;
- із угвинчуванням порожнистої бурової труби, оснащеної еліпсоїдним шнеком. Під час вилучення в порожнину труби під тиском подається бетонна суміш, що витісняє ґрунт зі свердловини (метод називають «палі витіснення»).

2.3 Забивання паль

Забивають палі, чітко дотримуючись ПВР.

Основним роботам щодо забивання паль повинні передувати підготовчі роботи, які включають:

- відновлення осей фундаменту, меж будівельного майданчика, закріплення осей рядів паль на обноси;
- розроблення котловану, планування будмайданчика, організацію електроосвітлення та енергопостачання, влаштування водовідведення, шляхів підвезення, майданчиків складування конструкцій і матеріалів;
- підвезення й складування паль, перевірення паспортів та їхня відповідність маркуванню та проекту. У паспорті має бути зазначений завод-виробник, дата виготовлення. На палях фарбою позначають марку й дату виготовлення. Палі необхідно оглянути щодо відсутності неприпустимих пошкоджень.

На будмайданчику палі укладають в штабелі не більше чотирьох рядів заввишки та установлюють їх на прокладки, розташовані біля стропувальних петель. Товщина прокладок повинна бути на 2...3 см більше, ніж висота петель. Якщо прокладки розташовані неправильно (рис. 2.12, а), у залізобетонних палях виникають тріщини і вони можуть бути виведені з ладу. Під час навантажувально-розвантажувальних робіт палі піднімають за монтажні петлі (рис. 2.12, б). Якщо петлі розташовані від кінців на віддалі 0,21 довжини палі, то в ній виникає найменший вигинальний момент під дією власної ваги. Палі понад 10 м завдовжки рекомендовано піднімати за допомогою траверси (рис. 2.12, в). Під час підіймання й переміщення палю убезпечують від розгойдування двома розтяжками.

Переміщувати залізобетонні палі волоком не рекомендується, оскільки вона може зламатися під власною вагою на нерівностях місцевості.

Основними роботами щодо забивання паль є такі: розбивання пального поля, збирання й установлення копрової конструкції, підготування й подавання паль під молот, занурення паль, переміщення копра на нове місце, контроль

якості робіт і ведення виконавчої документації. Палі, що забиваються, чітко встановлюють у проектне положення. Місце установа палі на ґрунті визначають за виском, опущеним із точки перетину дротяних причалок, закріплених на обносках. У разі відсутності обноска місце установа палі визначають шляхом безпосереднього промірювання від осей фундаменту.

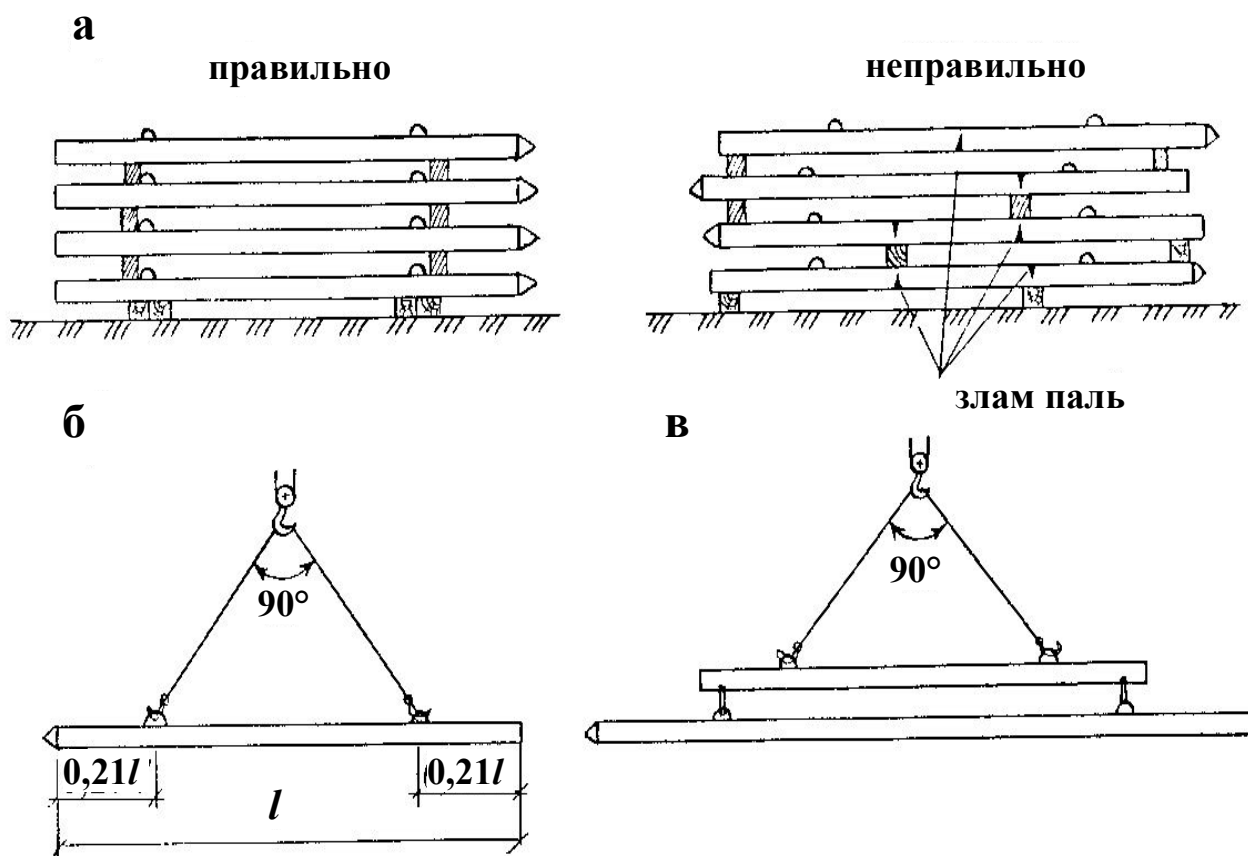


Рисунок 2.12 – Складування й стропування залізобетонних палі:
 а – штабелювання палі; б – стропування короткої палі двогілковим стропом; в – стропування палі за допомогою траверси

На рисунку 2.13 наведені схеми розміщення копрових установок.

Для роботи на воді копри або крани з навісним палейним обладнанням встановлюють на плашкоути з інвентарних понтонів або місцевих плавких засобів. Безпосереднє підготовлення дерев'яної палі до забивання включає розмічування, установа стропувальних і напрямних хомутів. Розмічування палі виконують фарбою на довжині третьої частини від вістря через метр, а на решті частини – через 10 або 5 см.

Підготування залізобетонної палі полягає в установа наголовника й хомутів, розмічуванні фарбою по довжині від вістря до голови для визначення глибини занурення палі в ґрунт. Палю для подавання під молот стропують на видаленні $1/3$ її довжини від голови. Під час виготовлення палі в цьому місці зазвичай встановлюють заставний штир, що перешкоджає ковзанню стропа.

Щоб захистити бетон від пошкодження тросом, під строп укладають дерев'яні прокладки. У разі наявності трьох монтажних петель стропування для установлення палі під молот можна проводити за допомогою строп й ролика. У проекті виконання робіт або в технологічній карті вказують спосіб робіт, що гарантує стійкість копра й безпеку людей на всіх етапах роботи.

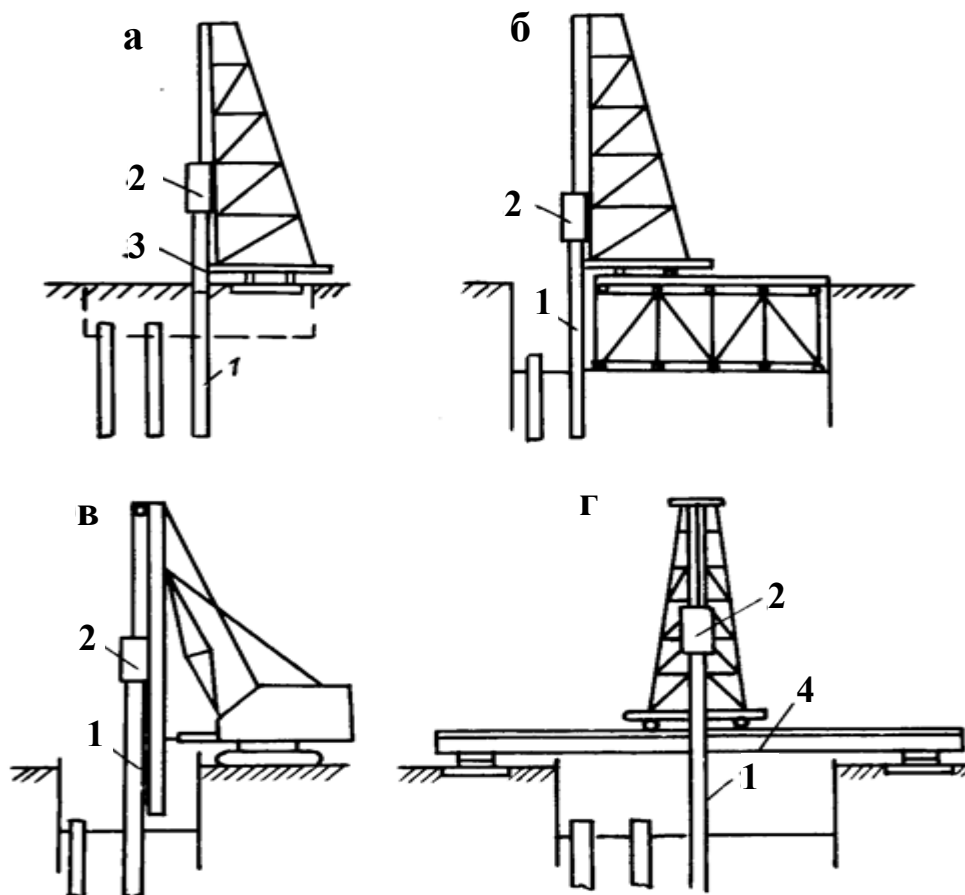


Рисунок 2.13 – Схеми розміщення копрових установок:

а – на поверхні до риття котловану; б – на риштуванні в котловані; в – на поверхні у відкритому котловані; г – на копровому містку у відкритому котловані; 1 – занурювана палія; 2 – молот; 3 – інвентарний підбабок (ланка оболонки); 4 – підкопровий місток

Палія під молот може подаватися вантажопідіймальним засобом палебійного агрегата або іншим інсталяційним краном. Після установлення копра на місце забивання палі молот піднімають у верхнє положення й спирають на запобіжний штир. Палю подають під молот, укріплюють хомутами до напрямної стріли й опускають вістрям на ґрунт. Молот знімають зі штиря й опускають на палю так, щоб центрувальний штир шабота увійшов в отвір на голові палі або наголовника.

Установити палю власною лебідкою копрового агрегата можна за умови, що сумарна маса палі, молота й навісного обладнання не перевищує вантажопідіймальності крана на цьому вильоті стріли.

Під час підймання палю утримують від розгойдування за допомогою дво розчалок, а розгортають спеціальним ключем.

Щоб забити похилу палю, її закріплюють на стрілі копра двома хомутами, піднімають палю тросом, нахиляють напрямну палейного агрегата й установлюють палю над її проектною віссю. Після цього опускають палю на ґрунт і встановлюють на неї молот (рис. 2.14).

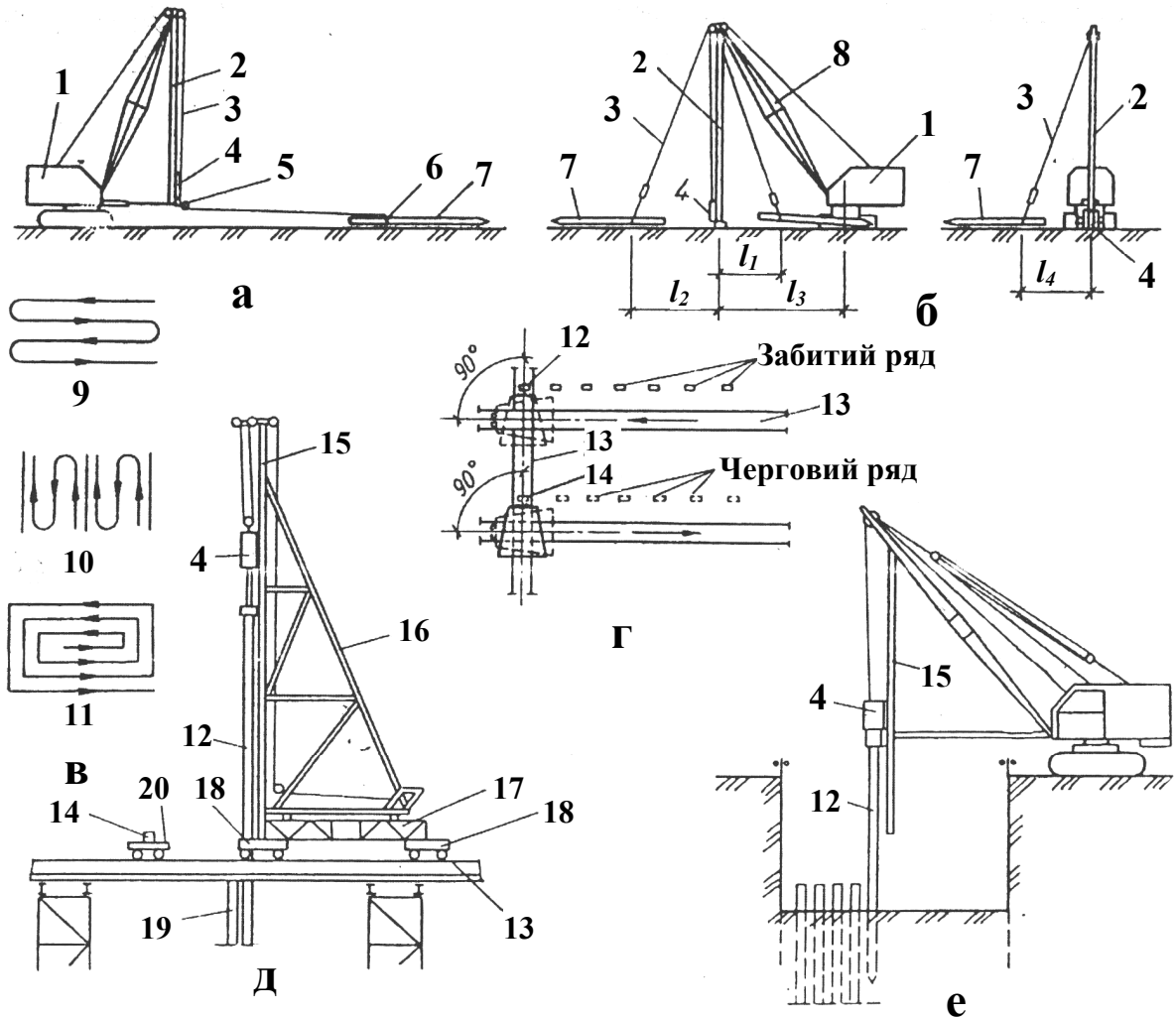


Рисунок 2.14 – Забивання палі: а – схема підтягування палі через нижній відвідний блок; б – схеми підймання палі на копер; в – схеми руху палейного агрегату; г – перекочування копра за допомогою траверсного візка й допоміжного рельсового шляху; д – забивання палі з підкопрового моста; е – забивання палі за допомогою стрілового крана; 1 – базова машина; 2 – копрові стріла; 3 – робочий канат; 4 – молот; 5 – нижній відвідний блок; 6 – строп; 7 – палі; 8 – кранова стріла; 9 – звичайна схема; 10 – секційна схема; 11 – спіральна схема; 12 – забивана палі; 13 – рейковий шлях; 14 – чергова палі; 15 – напрямна стріла; 16 – рама копра; 17 – підкопровий міст; 18 – візки підкопрового моста; 19 – забита палі; 20 – платформа транспортного візка

Палю під час установлення необхідно чітко відцентрувати за осями молота й стріли копра та зафіксувати в цьому положенні наголовником. У процесі забивання потрібно постійно стежити за положенням стріли й палі, а також за станом голови палі й наголовника.

На перших 1,5...2 м палі забивають легкими ударами молота, а після перевірення й виправлення її положення занурюють сильнішими ударами. Під

час забивання постійно контролюють напрям і справність палі, наголовника, положення палебійної установки, режим занурення. Результати забивання фіксуються в журналі.

У разі підходу вістря палі до проектної позначки відмова зменшується. Оскільки відмову від одного удару визначити важко, її вимірюють за серію ударів (заставою).

Палі занурюють на проектну глибину закладення до отримання розрахункової відмови, але не менше ніж 0,2 см.

Журнал забивання палей ведеться під час виконання робіт і подається в складі звітної документації під час приймання споруди в цілому. До нього додається зведена відомість із планом розташування забитих палей, наявних відхилень і виправлень, а також інших особливостей виконаних палевих робіт. Записи в журналі роблять простим олівцем або кульковою ручкою. У примітках описують особливості занурення палі на останній заставі, спостережувані нарощування палі, відхилення її осі від проектного положення, пошкодження голови палі, помилкову відмову, засмоктування, перерви під час забивання й інші особливості виконаних робіт. Під час приймання готового фундаменту складається акт на приховані роботи, до нього додаються журнал забивання палей і зведена відомість.

У процесі забивання палей можуть виникати різноманітні відхилення, які необхідно негайно виправити.

Під час забивання паля може відхилитися від проектного положення внаслідок неправильного установаження стріли копра і, а отже, удару молота не по центру палі, кривизни самої палі, потрапляння вістря на валун або грузило. У цьому разі молот необхідно зупинити й вжити заходів щодо виправлення палі або замінити її.

Під час забивання палей у сухих піщаних ґрунтах із гравелистими прошарками (особливо якщо забивання супроводжувалося підмиванням), трапляються випадки отримання передчасної «помилкової» відмови внаслідок утворення під вістря палі щільної гравійно-піщаної подушки, тиск і тертя ґрунту об палю збільшуються. Для продовження робіт паля має «відпочити» протягом декількох діб (2...3), після чого її добивають до проектної позначки. Зупинитися паля може й у разі зустрічі з топляки або кам'яними включеннями в ґрунті, у цьому разі необхідно перепроектувати фундамент.

Зворотне щодо помилкової відмови явище може спостерігатися в глинястих ґрунтах. Воно полягає у відокремленні води, пов'язаної з глинястими частинками, розрідженні ґрунту й створенні своєрідного мастила на поверхні забиваної палі (явище тиксотропії). Проектна відмова не настає навіть у разі занурення палі до проектної позначки. У цих випадках також потрібно зробити

перерву в забиванні паль, яка може сягати 15...30 діб. Після добивання відмова зазвичай зменшується в декілька разів. Це явище називають засмоктуванням палі. Якщо розрахункова відмова не настає й після «відпочинку», то потрібне рішення проектної організації на проведення випробувань занурених паль або змінити конструкцію фундаменту. Такі самі заходи вживають, якщо палі занурюються менш ніж на 85 % проектної глибини навіть у разі отримання розрахункової відмови.

Голова палі під час забивання може зруйнуватися внаслідок її неспіввісності з молотом або неправильного заповнення наголовника прокладним матеріалом. Якщо подальше занурення палі зі зруйнованою головною частиною неможливе, її витягають або зрізають і забивають додаткові палі поруч. Різке підймання ударної частини молота або зупинка палі зазвичай спричинені перешкодою під вістря, вона ж призводить і до зламу палі. Про злам палі свідчить різке збільшення просідання або відхилення палі від її проектного положення. Таку палю витягають або зрізають.

У зимовий період під час сезонного промерзання ґрунту на глибину понад 0,4 м під палі бурять лідерні свердловини.

Оскільки на переміщення копра витрачається значна частина робочого часу, черговість забивання паль вказують у проекті. Забивання може проводитися з переставленням копра вздовж ряду паль або по спіралі від центру пального поля до периферії. Неприпустимо забивати палі від країв фундаменту до центру, оскільки в цьому випадку ущільнення ґрунту вже забитими палями ускладнює забивання в середній частині пального поля й фактично призводить до помилкової відмови навіть в глинястих ґрунтах, яка не зникає після тривалого «відпочинку».

Отже, послідовність забивання повинна бути такою, щоб витрати часу на переміщення копра, підймання й установа палі були мінімальними, а також забезпечувалося рівномірне ущільнення ґрунту основи фундаменту (див. рис. 2.15). Для забивання паль застосовують молоти різного принципу дії.

Механічний молот складається зі сталевий литої ударної частини (баби), підвішеної на канаті, який перекинуто через блок у верхній частині копра. Інший кінець каната під час піднімання ударної частини намотується на барабан фрикційної лебідки. Після досягнення заданої висоти підймання гальмо лебідки відпускають, ударна частина падає під дією сили тяжіння й завдає удару по голові палі.

Механічні молоти – найдавніші й найпримітивніші знаряддя праці, їх досить легко виготовляти й застосовувати. Однак внаслідок малої потужності, продуктивності й ККД у наш час їх використовують здебільшого як підручний засіб для занурювання невеликих дерев'яних паль.



Рисунок 2.15 – Схеми переміщення копра під час занурення паль

Пароповітряні молоти приводяться в дію енергією або стисненим до 0,5...0,7 МПа повітрям. Пароповітряний молот простої дії становить чавунний корпус, який є одночасно і паровим циліндром і ударною частиною (рис. 2.16).

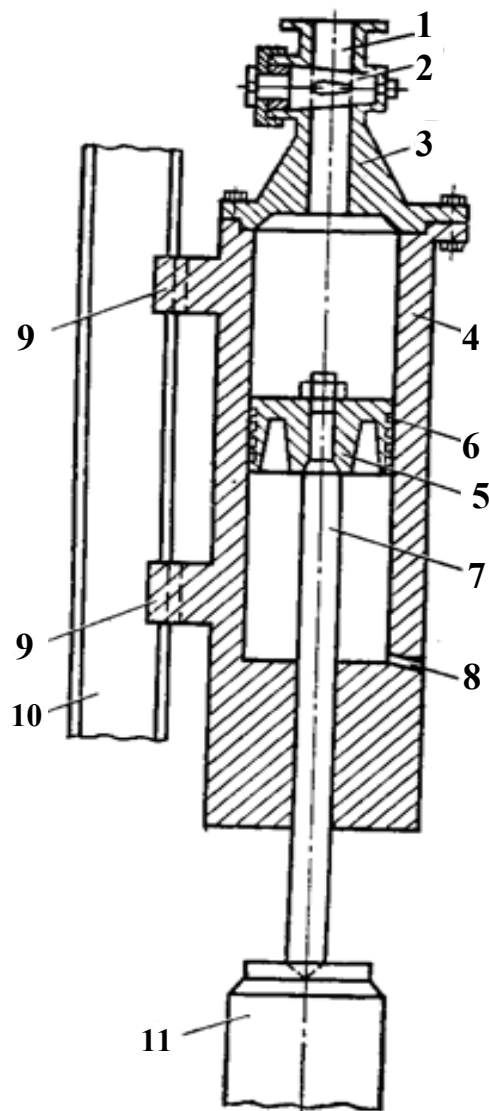


Рисунок 2.16 – Пароповітряний молот однинчної дії:

1 – горловина для випускання пари; 2 – паророзподільний кран; 3 – кришка циліндра; 4 – корпус циліндра; 5 – поршень; 6 – компресійні кільця; 7 – шток; 8 – отвір для виходу повітря й конденсату; 9 – пальці; 10 – напрямна стріла; 11 – паля

Усередині циліндра розміщується поршень зі штоком. Під час впускання пари або стисненого повітря в підпоршневий простір циліндр піднімається. За допомогою перемикання крана пара або повітря випускається в атмосферу й циліндр падає, завдаючи удару по голові палі.

Управління роботою пароповітряних молотів простої дії напівавтоматичне. Висоту підймання циліндра можна регулювати, переводячи важіль газорозподілу в необхідне положення. У молотах простої дії приблизно 70 % маси становить ударна частина, що є їхньою єдиною перевагою.

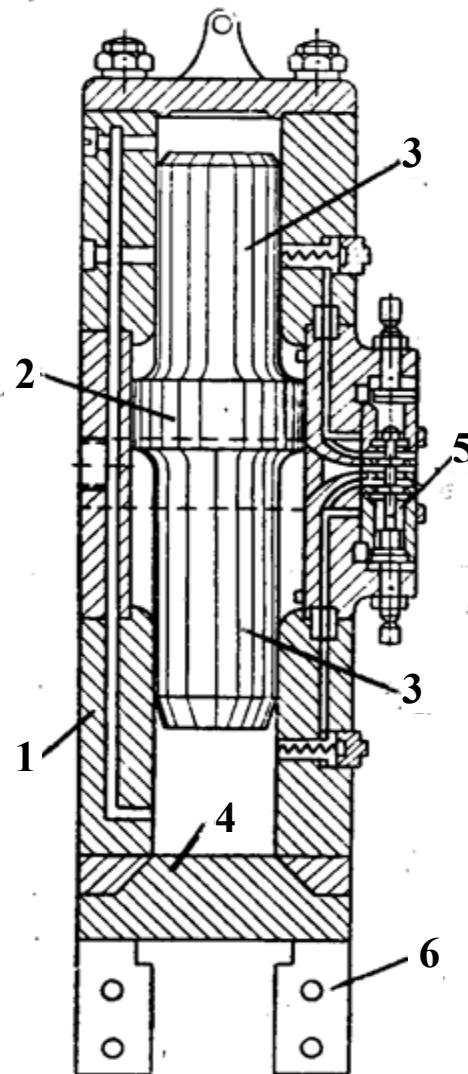


Рисунок 2.17 – Пароповітряний молот подвійної дії:
1 – корпус; 2 – бойок; 3 – шток; 4 – ковадло; 5 – коробка; 6 – захвати

Істотні недоліки – мала продуктивність і значна залежність від зовнішнього джерела енергії (потреба в котельному або компресорному обладнанні). Пароповітряні молоти одиначної дії традиційно застосовували для забивання палей із масою до 12...15 т у нескельні ґрунти будь-якої щільності.

На відміну від молота одиначної дії, пароповітряний молот подвійної дії складається з циліндра, поршня й сполученого з ним штоком бойка. У молотах подвійної дії стиснений газ або пара подається по чергово в простір над і під

поршнем за допомогою автоматично перемиканого золотника (див. рис. 2.17).

Молоти подвійної дії використовують для забивання паль і шпунта з масою до 6...7 т в нескельні ґрунти будь-якої щільності. Частота ударів молота має велике значення. Якщо вони швидко змінюються один за одним, змінювання опору ґрунту щодо занурення між двома послідовними ударами не встигає закінчитися. Ґрунт, що оточує палю, буде постійно розпушений, і, отже, його опір щодо занурення паль буде нижчим.

Завдяки автоматичному паророзподілу частота ударів молотів подвійної дії досягає 130...140 на хвилину, що робить їх значно ефективнішими й продуктивнішими. Крім того, у молотах подвійної дії зручно регулювати силу удару. Молоти мають закритий корпус, що забезпечує можливість їхнього використання для забивання паль (зокрема похилих) під водою, на глибині до 20 м.

Пароповітряні молоти широко використовувалися у вітчизняній практиці в 30–50-ті роки ХХ ст., але надалі вони поступилися дизель-молотам, які працюють автономно, маючи більш високі частоту ударів і ККД. Однак за кордоном пароповітряні молоти продовжують використовувати. Там вважаються ефективними молоти одиначної дії з масою ударної частини до 27 т і силою удару до 249 кДж, а також молоти подвійної дії з відповідними значеннями параметрів – 18 т і 157 кДж. Їх застосовують для підводного забивання паль.

Ці причини забезпечили тенденцію до відродження парових машин. За розрахунками фахівців ККД паровоза можна підняти до 15 %. За цих умов витрати на експлуатацію парових машин будуть набагато нижчими витрати на двигуни внутрішнього згорання. Сучасна парова машина економічніша внаслідок використання мікропроцесорних систем автоматичного управління, а унеможливлення викидів в атмосферу і замкнутий цикл забезпечують їй високу екологічність.

Дизель-молот є прямодіючим двигуном внутрішнього згорання, що працює за принципом двотактного дизеля. Ударна частина молота під час здійснення робочого ходу стискає укладене в циліндр повітря, значно підвищуючи його температуру. Водночас у циліндр подається пальна суміш (дизельне паливо), яка вибухає й відкидає ударну частину вгору, здійснюючи холостий хід. Під час падіння ударної частини робочий цикл повторюється. За типом напрямних для ударної частини дизель-молоти розподіляються на штангові й трубчасті.

У штангових молотах ударною частиною є циліндр, що переміщується по двох напрямних штангах (рис. 2.18).

Молоти такого типу мають невеликі габарити й масу ударної частини 600...2 500 кг, а також низький ККД і енергію удару до 20 кДж, тому їх використовують здебільшого для забивання легких дерев'яних паль.

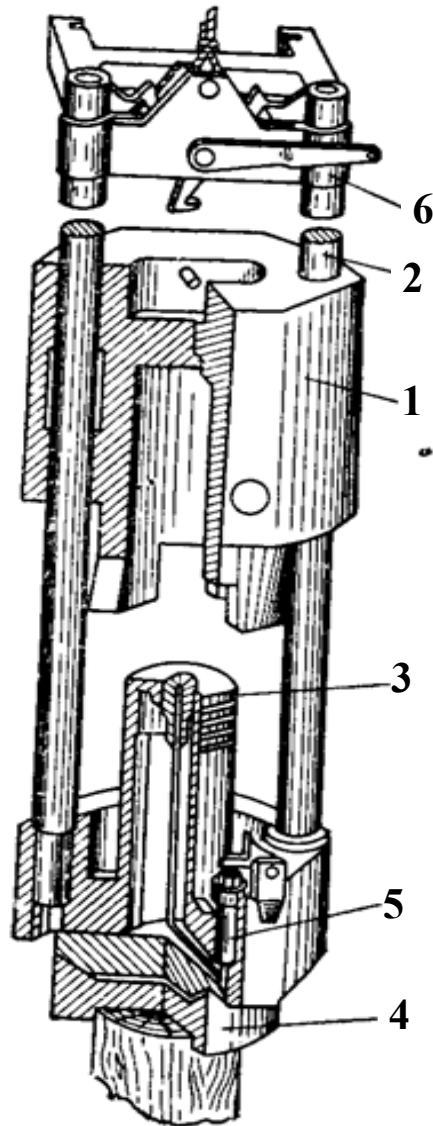


Рисунок 2.18 – Штанговий дизель-молот: 1 – циліндр; 2 – напрямні штанги; 3 – поршень; 4 – наголовник; 5 – важіль паливного насоса; 6 – «кішка» для захоплення й підняття циліндра

У трубчастих молотах одиничного дії ударна частина становить поршень, який переміщується всередині циліндра й напрямної труби і створює тиск (компресію) в циліндрі. Молот підвішують на напрямній стрілі копра. Його запускають за допомогою спеціального механізму – «кішки», яка входить у зачеплення з кільцевої виточенням поршня. «Кішка», що переміщується лебідкою вгору по напрямній копра, піднімає ударну частину й автоматично скидає її на заданій висоті. Падаючий поршень натискає на важіль паливного (плунжерного) насоса, який вприскує паливо в камеру згорання. У камері під дією удару поршня об шабот горюча суміш розбризкується й запалюється. Від тиску утворюваних газів поршень підкидається вгору, а вихлоп викидається в атмосферу через отвори в циліндрі.

За кордоном поширені трубчасті дизель-молоти, маса ударної частини окремих зразків яких у середніх умовах може сягати 10...15 т, а енергія удару –

400 кДж. Використовуються й трубчасті дизель-молоти подвійної дії (за принципом, аналогічним до пароповітряних молотів), що вирізняються в 1,5...2 рази більшою частотою ударів.

Основними перевагами дизель-молотів є незалежність від зовнішніх джерел енергії, швидке підготування до роботи, невисока вартість виготовлення, простота й зручність експлуатації в умовах будь-яких температур, висока продуктивність. Однак застосування дизель-молотів у зарубіжних країнах неухильно скорочується. Перевага надається гідравлічним молотам. Чималу роль щодо цього відіграють екологічні міркування.

Підіймання ударної частини в гідравлічних молотах проводиться за допомогою регулювання тиску рідини. Вона подається гідронасосом у простір під поршнем основного гідроциліндра, з'єднаного штоком із ударною частиною (див. рис. 2.19).

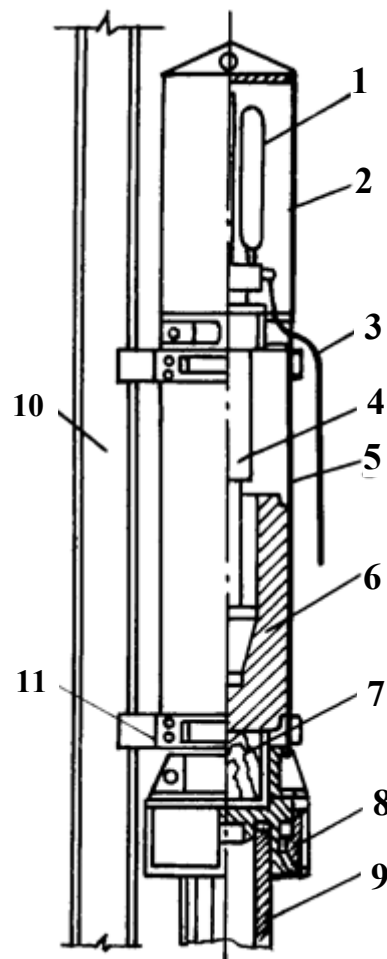


Рисунок 2.19 – Трубчастий гідромолот:

1 – гідроаккумулятори; 2, 8 – кожух; 3 – гідравлічний шланг; 4 – гідравлічний двигун;
5 – корпус; 6 – ударна маса; 7 – наголовник; 9 – паля; 10 – стріла копра; 11 – кліщі

Під час робочого ходу ударної частини рідина перетікає через перепускний клапан з порожнини гідроциліндра під поршнем у порожнину над ним, надаючи роботі машини ефекту подвійної дії. Гідравлічна рідина (мінеральне

масло або вода) подається гідронасосом із продуктивністю до 400...700 л/хв під тиском до 300...400 атм.

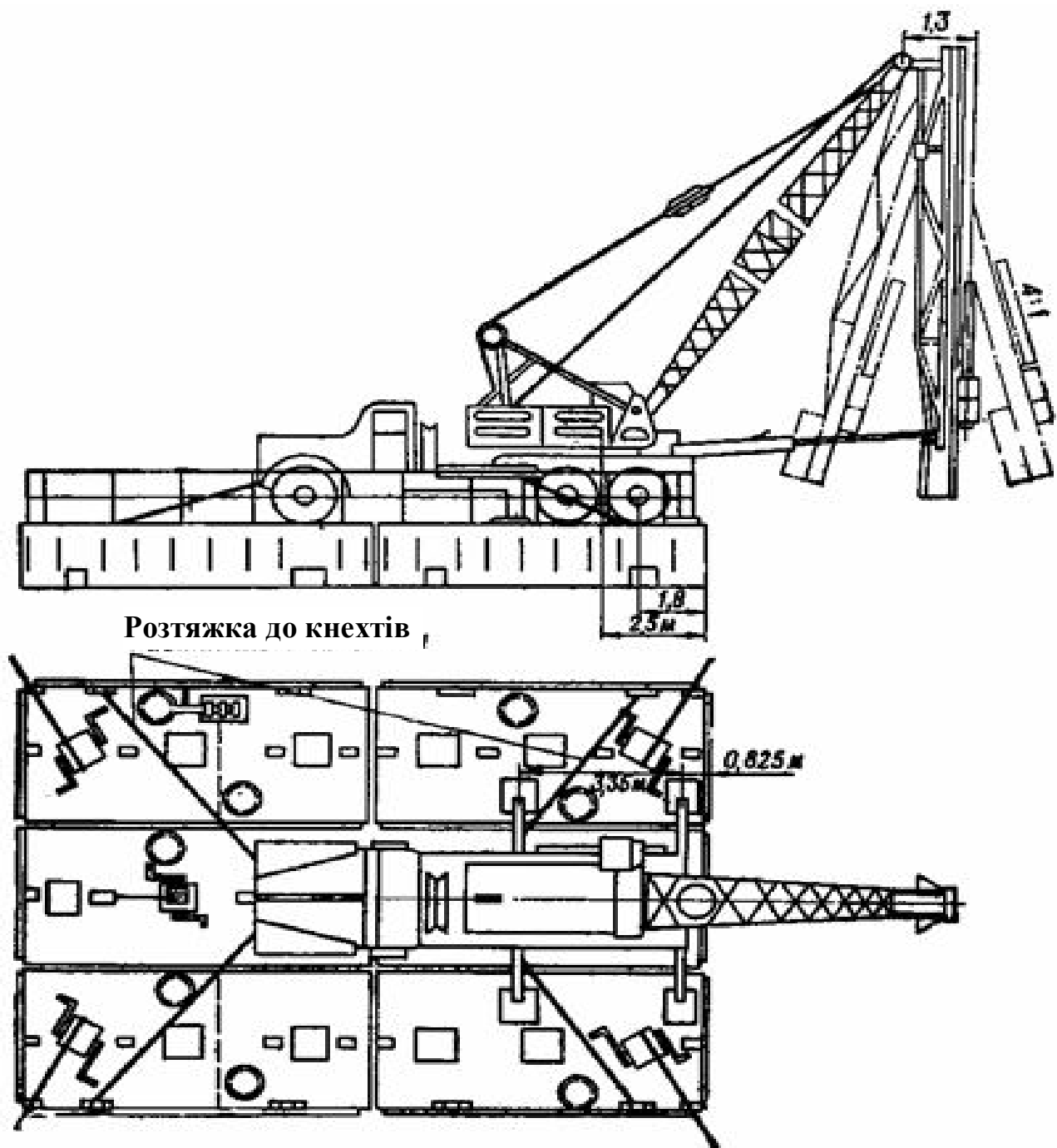


Рисунок 2.20 – Копрова установка на плашкоуті з понтонів

Гідравлічні молоти вирізняються такими характеристиками: регулювання сили й частоти ударів; триваліша дія ударного імпульсу; синхронна робота декількох молотів; використання молотів для забивання паль у воді; екологічність. Окрім цього, гідравлічні молоти володіють меншою енергією удару порівняно з дизель-молотами тієї самої маси.

Для занурення палів великих розмірів за кордоном використовують групові гідравлічні молоти, сумарна маса ударної частини яких досягає 40 т, а енергія удару – 500 кДж у разі маси групи до 60 т.

Процес занурення палів включає підймання й устанавлення палів у напрямні, підймання, устанавлення на палию й запуск молота, забезпечення одночасного поступального руху палів й молота. Усі ці функції виконуються палейними агрегатами – копрами.

Як копри можуть використовуватися спеціально створені для цього самохідні машини або устанавки у вигляді навісного копрового обладнання на базові машини – трактори, екскаватори, підймальні крани. Для переміщення копрів по палевому полю під час зведення річкових опор влаштовують підкопрові мости, естакади, риштування. Копри встановлюють і на плавкі засоби (рис. 2.20 і 2.21).

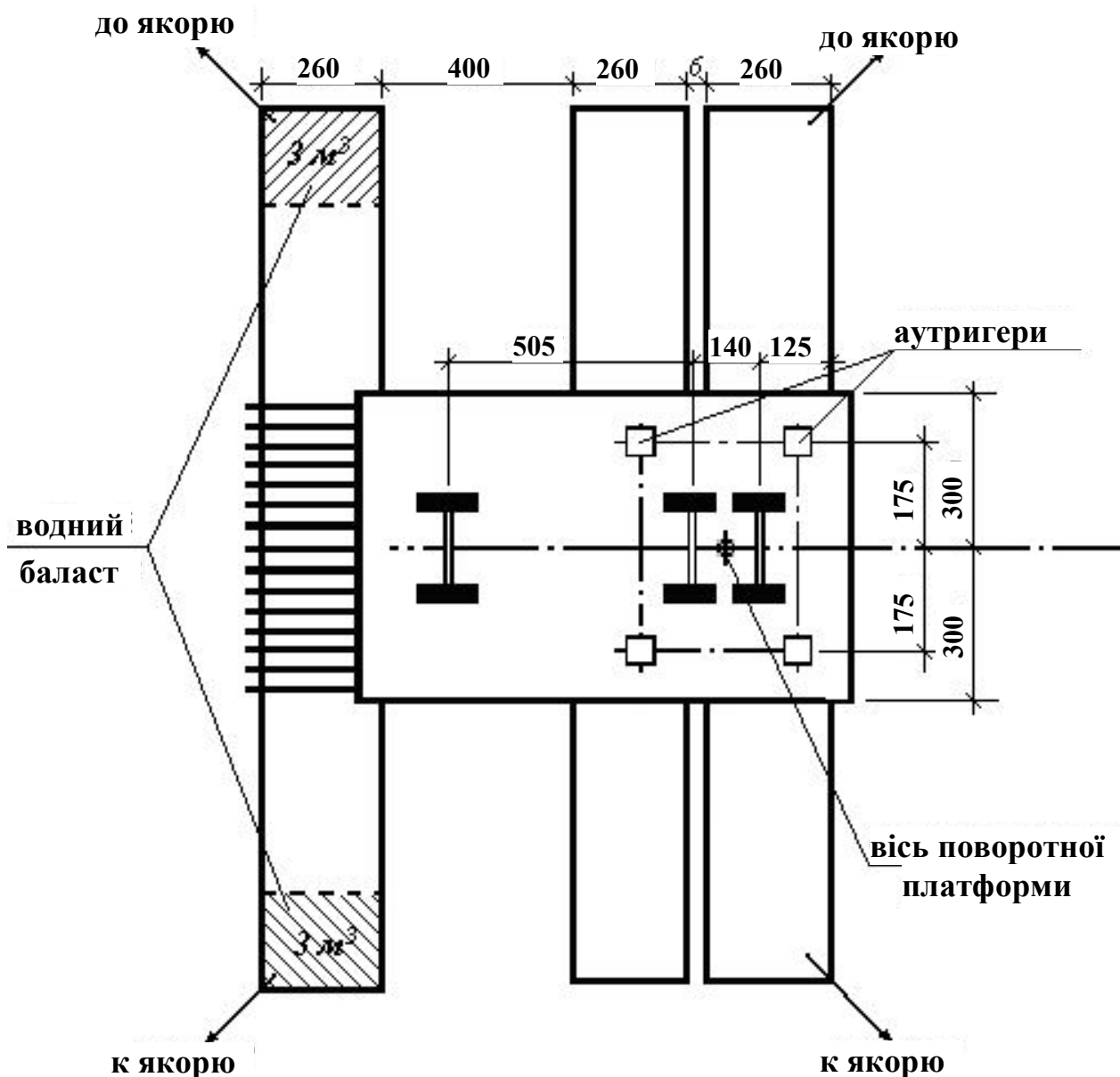


Рисунок 2.21 – Плашкоут з понтонів для устанавлення палейного агрегату

Самохідний копер складається з ходової частини, на якій встановлена поворотна або неповоротна рама з розміщеними на ній механізмами підймання молота, «кішки» й палі, а також копрові стріла (щогла) з механізмами змінювання вильоту й нахилу (див. рис. 2.22). Під час підбирання копрові установки перевіряють її придатність по довжині, масі й нахилу палі, типу й масі молота, за умови обслуговування копром пального поля.

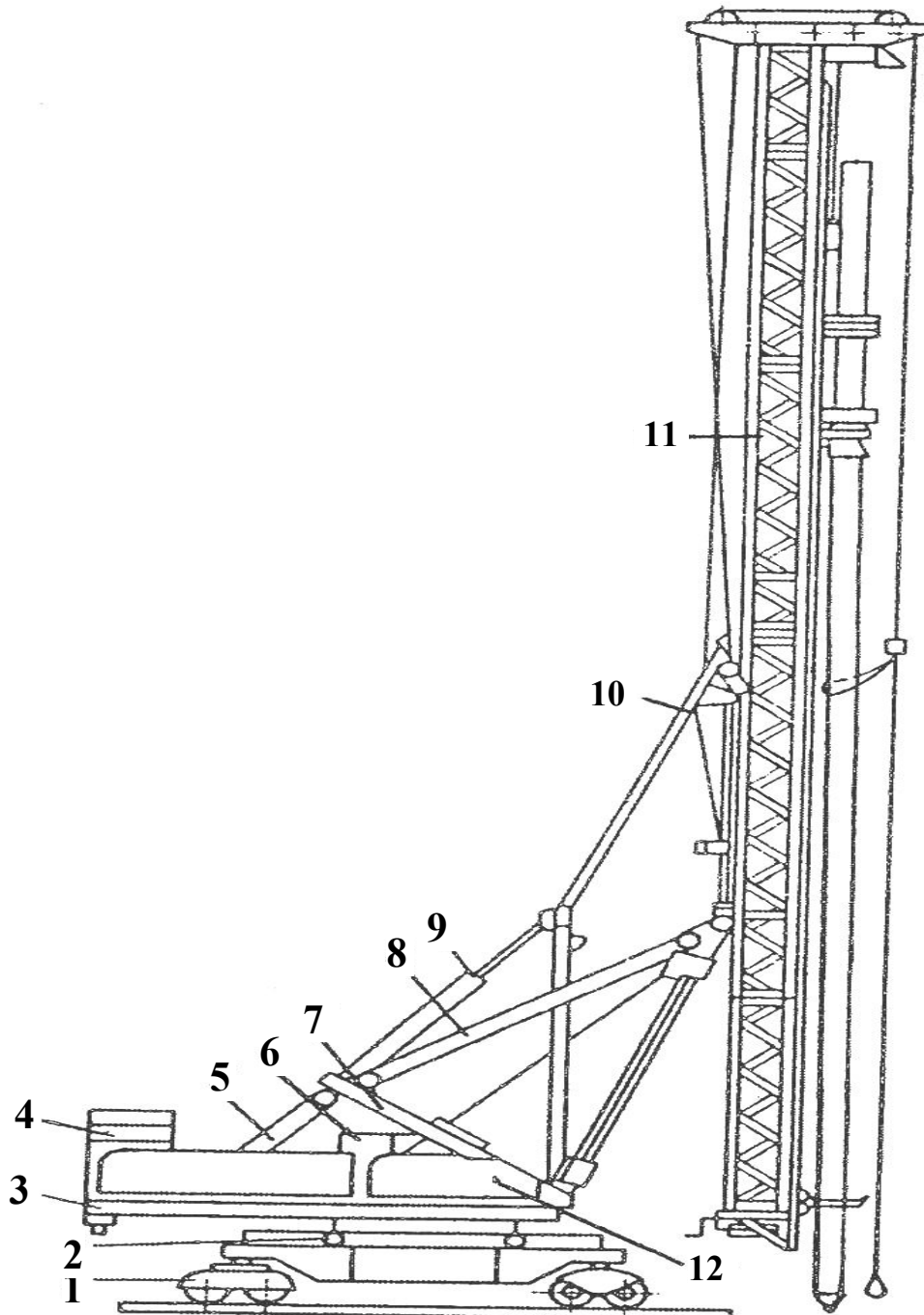


Рисунок 2.22 – Рейковий копер:

- 1 – ходова частина; 2 – опорно-поворотний круг; 3 – поворотна платформа; 4 – противага;
 5 – задня стійка; 6 – кабіна машиніста; 7 – передня стійка; 8, 9 – гідроциліндри;
 10 – паралелограм; 11 – щогла; 12 – лебідки

Самохідні рейкові копри – традиційні засоби забивання палей. Однак вони вирізняються великою вагою, високою трудомісткістю збирання-розбирання, малою маневреністю й потребують влаштування рейкових шляхів.

Усе ширше застосовуються також безкопрові палебійні установки. Під час їхнього використання палю потрібно попередньо надійно зафіксувати в напрямних або в лідерній свердловині. Установка закріплюється на голові палі за допомогою крана, а потім запускається і працює автономно.

2.4 Віброзанурення палей

Фундаменти зі збірних залізобетонних оболонок набули поширення в середині 1950-х років, коли було освоєно метод виготовлення оболонок великого діаметра (до 3 м) і створені потужні віброзанурювачі. Характерною особливістю віброзанурення є можливість заглиблювати оболонки, маса яких в 5...10 разів більша за масу віброзанурювачів, тоді як під час забивання маса ударної частини молота повинна становити не менше половини маси палі.



Рисунок 2.23 – Віброзанурювач

Устаткування для занурення палей-оболонок включає віброзанурювач, наголовник для його жорсткого кріплення до палей-оболонки, напрямний каркас і технічні засоби вилучення ґрунту з порожнини занурюваної оболонки.

Дія віброзанурювача полягає у створенні спрямованих повздовжніх зусиль щодо синхронних і протилежно спрямованого обертання дебалансів.

Вібрація стовбура палі-оболонки знижує її тертя по ґрунту й забезпечує швидке занурення в незв'язані ґрунти.

Віброзанурювач встановлюється на голову палі й жорстко кріпиться до її наголовника (див. рис. 2.23). Болтові з'єднання ненадійні з огляду на можливе відгвинчування гайок під час вібрування оболонки, потребують значної витрати праці й часу на підтягування гайок, а також на зняття та устанавлення віброзанурювача. Із огляду на це були розроблені безболтові наголовники, які значно скорочують час закріплення віброзанурювача на оболонці. Автоматичний наголовник має цанговий захват у вигляді восьми фартухів, що притискаються до оболонки зовні гідравлічними домкратами.

Напрямні пристрої для занурювання оболонок необхідні на початку занурення, коли защемлення в ґрунті недостатньо для забезпечення сталості руху оболонки з віброзанурювачем. У разі невеликої маси віброзанурювача й малому діаметрі палі-оболонки як напрямний пристрій можуть використовуватися копри. Для занурення оболонок великого діаметра необхідні спеціальні напрямні каркаси або кондуктори.

Для занурення оболонок у разі значної глибини води застосовують інвентарні каркаси, що збирають на березі і доставляють на місце занурення палі-оболонок на поромах, які розкріплюються на місці робіт якорями. Після геодезичної перевірки точності устанавлення каркаса він закріплюється вертикальними маяковими палями або встановленими в осередку каркаса оболонками, після чого плавку систему можна прибрати, якщо вона не використовується як риштування (див. рис. 2.24, б).

Незв'язані й малозв'язані ґрунти в порожнині оболонки зазвичай розробляються ерліфтами й гідроелеваторами. Під час розроблення зв'язаних ґрунтів доцільно застосовувати грейфери різних конструкцій продуктивністю 2...4 м³/годину. З однієї стоянки крана виймання ґрунту грейфером може здійснюватися з кількох оболонок, зокрема й занурених на різну глибину, унаслідок чого істотно збільшується продуктивність агрегату.

Ґрунти з включенням валунів, скельні ґрунти й щільні глини розбурюються верстатами ударно-канатної і обертальної дії, забезпеченими долотом, фрезою або шарошками.

Віброзанурення палі-оболонки виконується в такому порядку:

– планування ґрунту, розбивання осей фундаменту й оболонок зі складанням акту геодезичної розбивки;

– кранове збирання каркаса з елементів інвентарних конструкцій і закріплення його маяковими палями, спорудження риштування по верху каркаса й сходів, оформлення записів у журналі робіт і акту приймання встановленого каркаса;

- обстеження підвезених паль-оболонок;
- складання ножової секції оболонки й розмічування оболонки по довжині; довжину укрупненої секції приймають максимальною за вантажопідйомністю крана;
- установлення краном ножової секції в каркас, кругового майданчика та сходів для монтажу віброзанурювача;
- установлення на секцію віброзанурювача з наголовником і його кріплення;
- занурення оболонки заставами по 3...10 хв та перевіреням кріплення наголовника й стану оболонки.

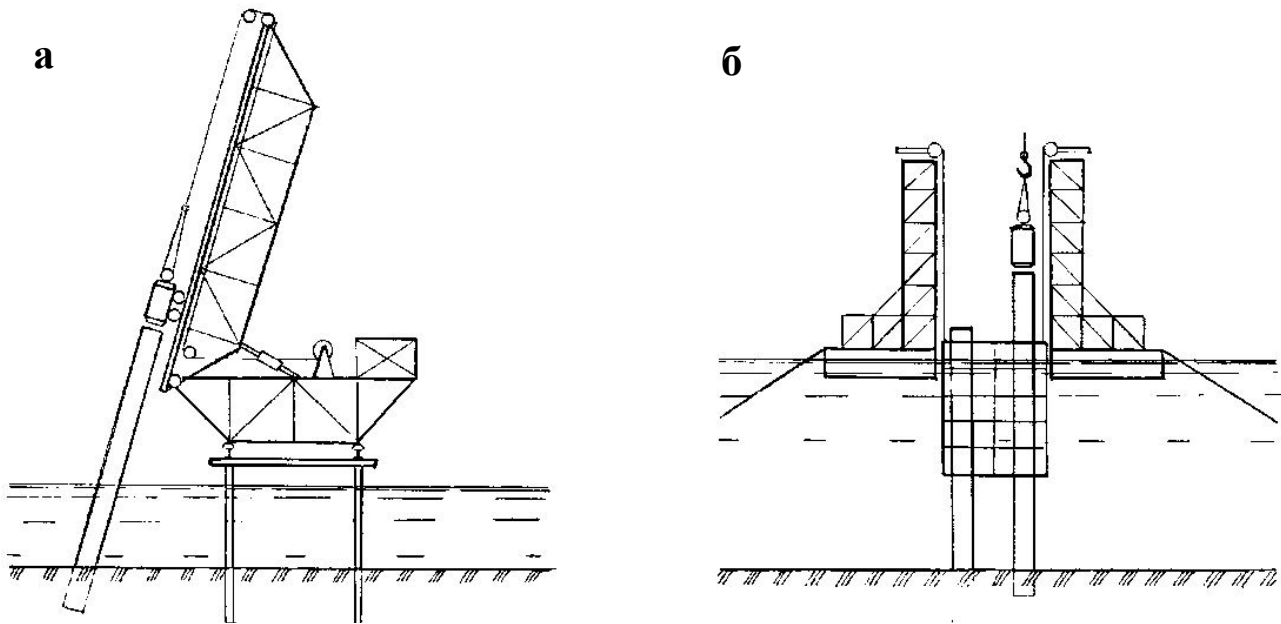


Рисунок 2.24 – Напрямні пристрої:
а – копровий напрямний пристрій; б – напрямний каркас

Після досягнення верхом секції рівня на 1...1,5 м вище настилу віброзанурювач зупиняють і знімають, ставлять чергову секцію оболонки і з'єднують її з опускним фланцевим стиком або за допомогою обичайки. Стик для водонепроникності обварюють по периметру й бетонують. Усі не вкриті бетоном поверхні захищають від корозії декількома шарами бітумної мастики або мастикою на епоксидній основі. Надалі цикл повторюється.

Оболонку занурюють, чергуючи її опускання з вийманням ґрунту з її порожнини. У незв'язаних ґрунтах розроблення проводять до рівня ножа або на 1...2 м нижче нього. Щільні зв'язані ґрунти можуть розроблятися з утворенням «лідерної» свердловини на глибину до 2...3 м нижче ножа оболонки.

Зустріч із перешкодою визначають по різкому зменшенню швидкості занурення оболонки або по появі значних горизонтальних коливань верху оболонки. Занурення оболонки вважається закінченим у разі досягнення проектної позначки.

Бетонування оболонки включає очищення й промивання внутрішньої порожнини, установлення в ній арматурного каркаса (якщо він передбачений проектом), спорудження риштування й монтаж обладнання для бетонування, організацію безперервного подавання бетону й бетонування порожнини, приймання виконаних робіт, оформлення документації.

Для забезпечення зчеплення укладуваного бетону з оболонкою її порожнину очищують від ґрунтового забруднення й поверхневої цементної плівки спеціальною щіткою (див. рис. 2.25, а), що складається з двох дисків із затиснутими між ними відрізками троса діаметром до 20 мм і довжиною до 30 см. Для збільшення ваги простір усередині обичайки заповнюють бетоном.

Порожнину оболонки армують завчасно заготовленими сталевими каркасами (див. рис. 2.25, б). Нарощування каркаса в процесі його опускання в оболонку виконують шляхом стикування повздовжніх стрижнів унапуск. Окрім спірального армування, для підвищення жорсткості каркаса передбачають установлення через 2...3 м кільця жорсткості зі стрижнів того самого діаметра, що й повздовжня арматура. Необхідна товщина захисного шару забезпечується шляхом приварювання фіксаторів.

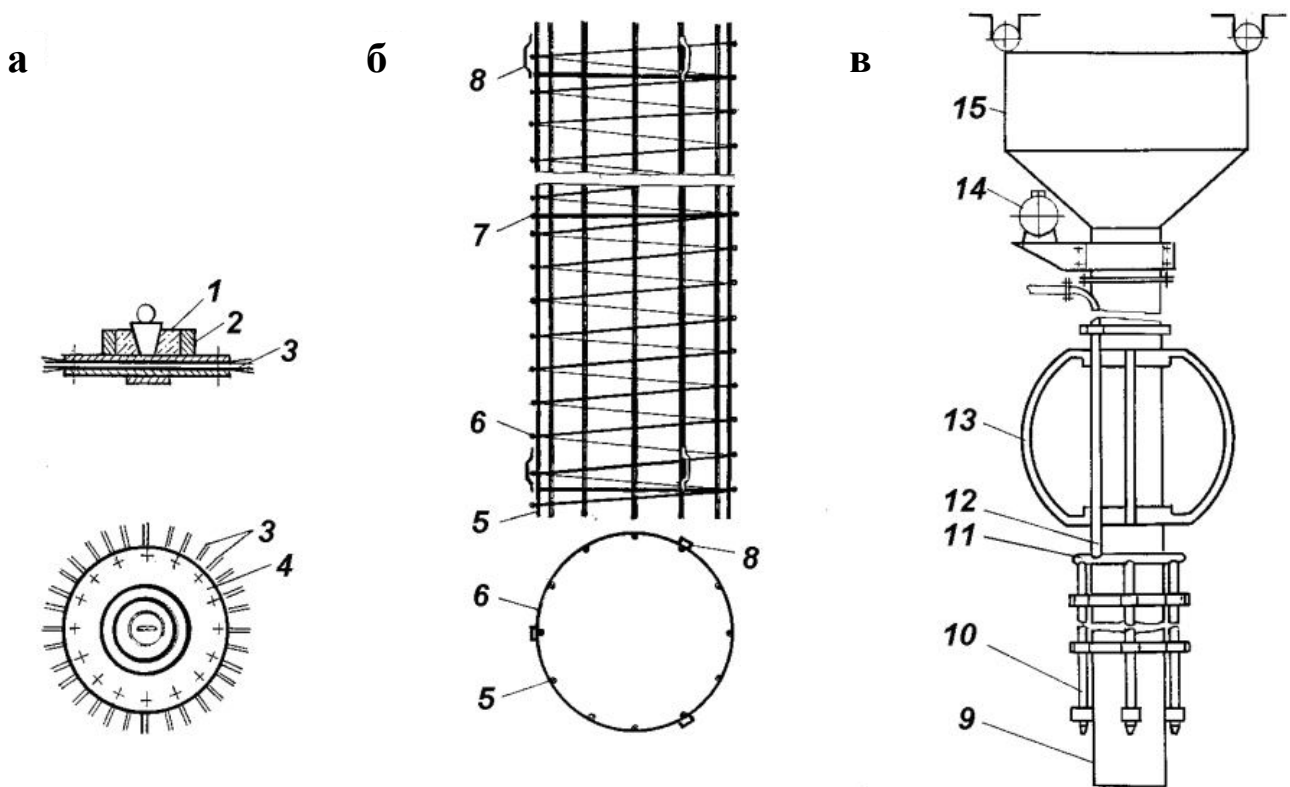


Рисунок 2.25 – Устаткування для бетонування оболонки:

- а – щітка для очищення порожнини оболонки; б – арматурний каркас;
- в – бетонолитна труба; 1 – бетонний привантажувач; 2 – обичайка; 3 – сталева щітка;
- 4 – затискний лист; 5 – повздовжня арматура; 6 – спіральна арматура; 7 – кільця жорсткості;
- 8 – стрижні-фіксатори; 9 – бетонолитна труба; 10 – підмивна трубка;
- 11 – водорозвідне кільце; 12 – водопровідна труба; 13 – напрямний ліхтар; 14 – вібратор;
- 15 – приймальний бункер

Бетонування оболонки насухо виконують з дотриманням технічних умов і відпрацьованих прийомів виконання цього виду робіт. Бетонну суміш у порожнину оболонки подають баддями-желонками, розвантажують у товщі раніше покладеного не зчепленого бетону.

Підводне бетонування виконують способом вертикально переміщеної труби. Перед укладанням бетонної суміші забій і порожнину оболонки промивають напірною водою. Для цього бетонолитну трубу забезпечують підмивними трубками (див. рис. 2.25, в), по яких під тиском до 10 атмосфер подають воду. Подавана під напором вода скаламучує шлам, що міститься в забої, і пульпа, яка утворюється, переливається через верх оболонки. Більші частинки осідають на дно або в підвішеному стані залишаються поблизу вибою. У момент закінчення промивання (припинення подавання води) в бетонолитну трубу подають бетонну суміш. Бетонна суміш лягає на промитий забій, поступово заповнюючи порожнину оболонки. У процесі бетонування контролюють: якість бетонної суміші, інтенсивність кладки бетону, величину заглиблення бетонолитної труби в раніше покладений бетон, рівень бетонної суміші в трубі. У разі необхідності для контролю якості бетону з нього вибирають керни.

Механічний віброзанурювач включає власне вібратор, що складається з декількох вантажних валів з насадженими на них важкими ексцентриками; приводний електродвигун з редуктором для передавання крутного моменту валів; наголовник для жорсткого прикріплення вібратора до палі.

У процесі обертання в різні боки вантажних валів, з'єднаних синхронізувальними шестернями, виникає спрямована уздовж вертикальної осі вібратора знакозмінювана змушувальна сила, яка змінюється за гармонійним законом.

Під дією вібратора, жорстко з'єданого з палею, у нелінійній динамічній системі вібратор–палея–грунт виникають повздовжньо спрямовані коливання. Якщо амплітуда коливання досягає критичного значення, за якого відбувається подолання сил тертя по бічній поверхні, палея, прослизавши в ґрунті, періодично натискає на нього нижнім кінцем, долаючи його опір і в цій зоні. Амплітуда коливань вібросистеми після зриву сил тертя здебільшого залежить від величини вантажного моменту й маси вібросистеми.

Протягом останніх десятиліть більше за інші для занурення залізо-бетонних паль-оболонок діаметром 1,6 м і 3,0 м завдовжки до 60...70 м використовувався віброзанурювач ВЗ-160 (ВЗ-170, ВЗМ-170). Його характерною особливістю є використання двошвидкісної схеми обертання вантажних валів, із яких половина обертається з подвоєною швидкістю, а тому змушувальна сила, спрямована вниз, перевищує силу, спрямовану вгору (див. рис. 2.26).

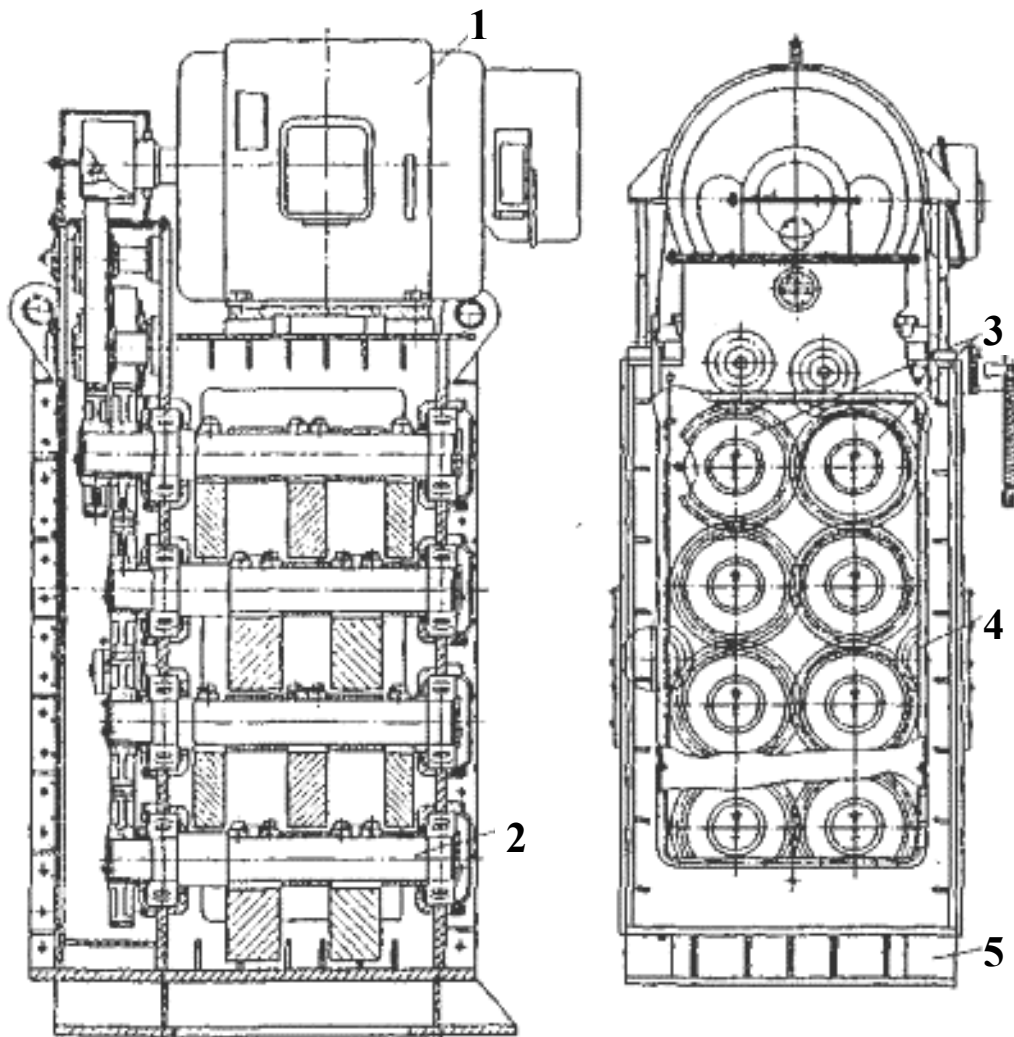


Рисунок 2.26 – Низькочастотний віброзанурювач ВЗМ-170:
 1 – ексцентрикові вали; 2 – електродвигун; 3 – блок шестерень; 4 – синхронізувальні шестірни; 5 – фланець

Зазвичай віброзанурювач закріплюють па палі болтами за допомогою наголовника (див. рис. 2.27). Під час занурення паль-оболонки діаметром 3 м застосовують спарений віброзанурювач із двох віброзанурювачів ВЗМ-170, встановлених на єдиному наголовнику. Одночасність коливань віброзанурювачів забезпечується з'єднанням їх синхронізувальними шестернями.

Іншою конструкцією віброзанурювача є модель з прохідним отвором у центральній частині, що дає змогу витягувати ґрунт грейфером із порожнини оболонки, не знімаючи віброзанурювача. Однак такі конструкції погано зарекомендували себе під час експлуатації.

На продуктивність занурення паль-оболонки значно впливає конструкція вузла прикріпленого до них віброзанурювача, який повинен бути жорстким. Але болтові з'єднання, крім періодичного підтягування гайок (унаслідок їхнього відгвинчування під дією вібрації), потребують значних витрат праці й

часу на установлення й зняття віброзанурювача. Безболтові затискні наголовники (гідралічні) дозволяють скоротити витрати праці в 8...10 разів.

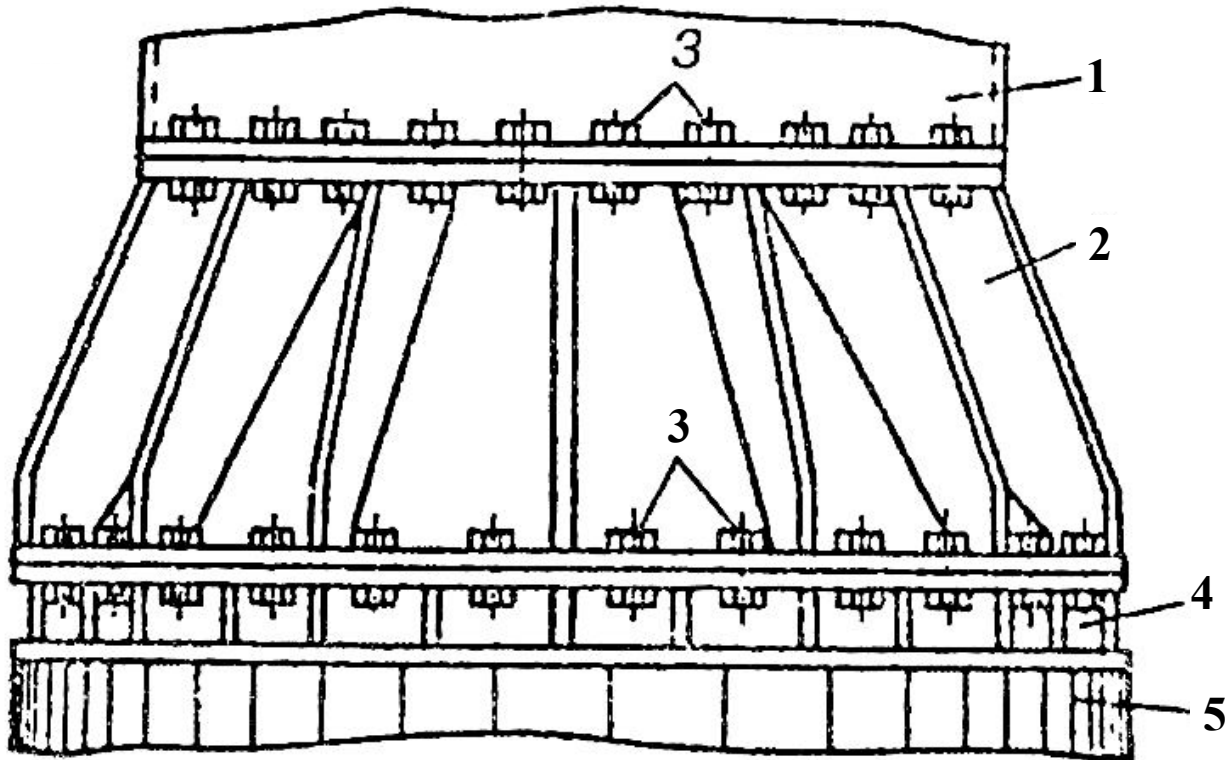


Рисунок 2.27 – Прикріплення віброзанурювача до оболонки:

1 – віброзанурювач; 2 – перехідний патрубок; 3 – болти кріплення; 4 – фланець оболонки; 5 – оболонка

У процесі занурення в ґрунт палі-оболонки за постійних параметрів вібратора швидкість занурення, амплітуда коливань, сила струму і споживана двигуном потужність поступово знижуються. З метою оптимізації режимів занурення в 1969 р. були створені віброзанурювачі з автоматично змінюваними параметрами. У них максимально можлива швидкість занурення у разі мінімальних витрат потужності забезпечується шляхом регулювання частоти коливань і вантажного моменту ексцентриків на різних стадіях занурення оболонки. Віброзанурювачі типу ВРЗ деякими фахівцями визнаються як найдосконаліші.

Однак недоліками віброзанурювачів з електромеханічним приводом є висока споживана потужність і частий вихід з ладу електродвигунів унаслідок впливу вібрації і згорання обмоток, особливо в період інтенсивного розгону вібросистеми.

Протягом останніх років за кордоном спостерігається інтенсивне створення паливних віброзанурювачів нового покоління, оснащених гідралічними моторами з автономним приводом. У них обертальний рух вала відбувається під тиском робочої рідини (мінерального масла або води), яка

подається від насосної станції з дизельним двигуном. Але, на відміну від віброзанурювача з електромеханічним приводом, обертальний рух ексцентрових валів відбувається з меншими амплітудами і з більшою частотою. Гідравлічний віброзанурювач оснащується гідравлічними захватами для паль різного типу. Під час занурення оболонок із великим діаметром можна використовувати спарені занурювачі (див. рис. 2.28). У наш час гідравлічні віброзанурювачі випускають багато фірм.

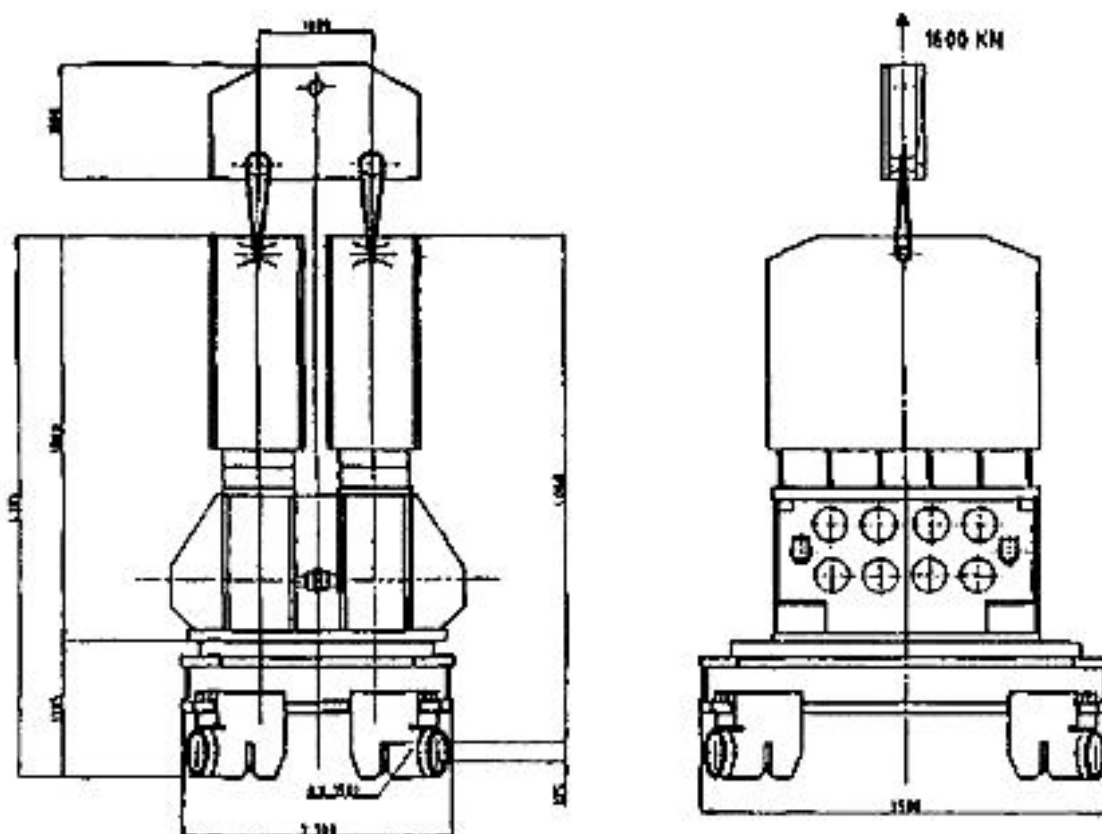


Рисунок 2.28 – Тандем з двох гідравлічних віброзанурювачів 100 HD фірми РТС, застосовуваний для занурення оболонок діаметром 1,3...3,0 м (змушувальна сила – 6 000 кН; маса вібромашини – 45,4 т)

У комплект віброзанурювача входить гідравлічна станція. Наприклад, для живлення віброзанурювача JV100 застосовується гідравлічна станція JP30 з такими параметрами: потужність дизеля – 650 кВт (870 к. с.), максимальний тиск масла в гідросистемі – 350 атм., продуктивність насосів – 1 100 л/хв.

У гідравлічних віброзанурювачах основні параметри регулюються відповідно до того, який опір занурення зазнає паля. Максимальна частота коливань у машинах цього типу в 3...8 разів більша, ніж у низькочастотних механічних вібраторах, але амплітуда коливань менше, що трохи знижує занурювальну здатність.

2.5 Здавлення паль

Досвід експлуатації установок вдавлення паль (далі – УВП) довів їхню ефективність під час роботи на відстанях до 1,2 м від конструкцій наявних будівель і споруд (за умови занурення паль у попередньо розпушений ґрунт); поблизу комунікацій; у слабких ґрунтах як альтернатива буронабивним методам у разі ризику розвитку неприпустимого деформування ґрунтів.

Переваги методу вдавлення паль:

- гарантована заводська якість палі в ґрунті (чого немає під час влаштування буронабивних паль, коли бетон укладається в ґрунті);
- за кінцевим зусиллям вдавлення можна прогнозувати несучу здатність палі по ґрунту без додаткових випробувань;
- порівняно з буронабивними методами немає зимового здорожчання й технологічних перерв на прогрівання бетону;
- у разі роботи з рівня денної поверхні є можливість додавити палі на 5...6 м до рівня проектної позначки без відкопування котловану (для буронабивних методів палі подовжують).

До недоліків методу вдавлення належать:

- під час вдавлення паль упритул до наявних конструкцій частину паль не можна занурити;
- наявність щільних ґрунтів може перешкоджати зануренню паль до несучого шару;
- порівняно з буронабивними палями біля типових заводських паль можуть встановлюватися обмеження по довжині й розрахункового навантаження.

За способом передавання вдавленого зусилля установки вдавлення паль розподіляються (рис. 2.29) на установки циклічної та безперервної дії.

Для УВП безперервної дії з передаванням вдавлювального зусилля на верхній торець палі технологічна послідовність вдавлення аналогічна до забивного способу: підтягування й підймання палі на щоглу УВП, вдавлення палі до проектної позначки й переміщення установки до наступної точки занурення.

Послідовність циклічного вдавлення паль включає підймання й заведення палі краном в затискний пристрій; фіксування палі гідравлічним циліндром затискного пристрою; вертикальне переміщення вниз затискного вузла з палею за допомогою двох циліндрів. У азі досягнення крайнього нижнього положення циліндр затискного пристрою розтискається, вивільняючи палею, і вдавлювальний вузол піднімається у вихідне верхнє положення, далі цикл повторюється.

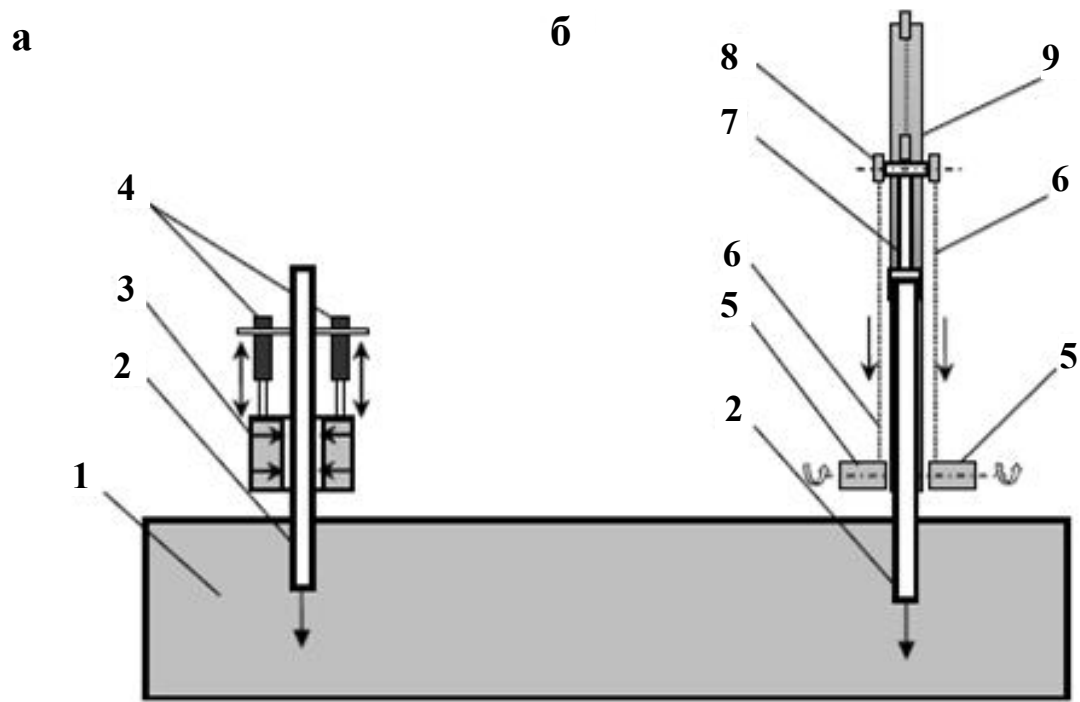


Рисунок 2.29 – Способи передавання вдавлювального зусилля на палю:
 а – циклічний процес вдавлювання палі; б – безперервне вдавлювання; 1 – ґрунт; 2 – паля;
 3 – затискний пристрій; 4 – гідравлічні циліндри переміщення затискного пристрою;
 5 – тягова лебідка; 6 – тяговий трос; 7 – занурювач (додатково може оснащуватися
 вібраційним занурювачем або гідравлічним молотом); 8 – блок; 9 – щогла (стійка) УВП

Установки циклічної дії розвивають великі вдавлювальні зусилля, а безперервної дії – маневреніші під час роботи в обмежених умовах.



Рисунок 2.30 – Установа вдавлювання палей УСВ 160 на гусеничному візку екскаватора ЕО – 6122

За способом переміщення по пальному полю розрізняють такі види УВП: самохідні на базі екскаваторів і кранів (див. рис. 2.30); несамохідні, перемонтовані на кожен палю краном і обмежено мобільні на спеціальних модульних пристроях. УВП типу СО 450 і УВТ 200 виконані на основі базового модуля (див. рис. 2.31, 2.32), який можна встановлювати на різних ходових пристроях: гусеничному й рейковому ходу, перехресних балках. Рейковий хід має довжину до 6 м і переставляється краном, УВП переміщується по рейках за допомогою гідроциліндрів. Пересування вдавлювальної установки по системі перехресних балок забезпечує переміщення машини в робочій зоні пального поля. Кожен модуль становить рамну конструкцію, що встановлюється на пальному полі.



Рисунок 2.31 – Установка вдавлювання палі СО 450

Балкові модулі можуть з'єднуватися в повздовжньому або поперечному напрямі, утворюючи безперервну координаційну сітку, що повторює конфігурацію пального поля.

Технологічна послідовність роботи модульної палевдавлювальної системи така: модуль встановлюється краном по осях пального ряду; на модуль монтують УВП; гідроциліндрами УВП наводять на точку вдавлювання палі; здійснюється подавання палі краном в затискний пристрій УВП; виконується вдавлювання палі на проектну відмітку; УВП переміщується по

каретці поперечно до осі модуля на наступну точку вдавлювання за допомогою двох додаткових гідравлічних циліндрів.



Рисунок 2.32 – Установка вдавлювання *Starke 240 (320)*

Під час вдавлювання паль в щільні ґрунти або в приляганні до наявних будівель для зниження зусилля вдавлювання й унеможливлення випирання ґрунту з деформуванням конструкцій будівель вдавлювання здійснюють лідерні свердловини. У цьому випадку застосовують бурову установку.

Під час вдавлювання паль в приляганні до наявних будівель роботи зазвичай виконують з поверхні землі, не вириваючи котлован. Майданчик, із якого будуть занурюватися палі, повинен бути горизонтально спланований і посилений піском і щебенем для забезпечення маневру установки. Продуктивність занурення крайніх паль під стінами будівлі – не більше ніж 3...4 на день. Для запобігання нерівномірних просідань конструкцій прилеглі до будівлі палі занурюють якомога далі одна від одної.

У разі розташування пального поля кущами порядок занурення паль розподіляється аналогічно: спочатку занурюється одна паля з першого куща, потім паля з останнього, і, насамкінець, з середнього. У наступну зміну – таким самим чином.

2.6 Загвинчування палів

Фундаменти на гвинтових палях і анкерні закріплення вирізняються низкою істотних переваг порівняно з традиційними методами влаштування палів. Найважливішими є мала матеріало- й трудомісткість, відсутність земляних робіт; збереження ґрунтів підвалин в природному стані; безударне занурення, висока точність установки в плані й по висоті. Особливо доцільно їх застосовувати в обводнених ґрунтах.

Гвинтові палі й анкери широко застосовуються під час будівництва нафто- й газопроводів на заболочених, просідних і рухливих ґрунтах; на лісосплаву – для кріплення лісонапрямних і лісозатримувальних споруд; під час будівництва розбірних, тимчасових мостів і причалів, зведення фундаментів малоповерхових будівель і споруд, а також влаштування фундаментів ЛЕП, опор контактної мережі залізниць і веж ліній стільникового зв'язку в талих і вічномерзлих ґрунтах.

Досвід застосування фундаментів на гвинтових палях і анкерних закріпленнях показав їхню експлуатаційну надійність і високу екологічну ефективність, можливість цілорічного ведення будівельно-монтажних робіт.

Аналіз експериментальних робіт у нашій країні і за кордоном дозволив визначити оптимальні параметри гвинтових наконечників: крок гвинтової лопаті – 200...250 мм, діаметр стовбура (маточини) – 168, 219...278 і 325 мм, діаметри лопаті – 500, 700, 850 і 1 000 мм.

На сьогодні відпрацьована технологія виготовлення гвинтових зварних і литих наконечників з вуглецевих і низьколегованих сталей.

Гвинтові палі малих діаметрів оптимальні для зведення фундаментів у малоповерховому (дачному й котеджному) будівництві. Їхньою перевагою порівняно з іншими видами фундаментів є не тільки скорочення термінів робіт (до декількох днів), але й конкурентоздатна ціна. Фундамент на гвинтових палях малого діаметра обходиться замовникові в 1,5...2 рази дешевше, ніж стрічковий, не говорячи про монолітні плити. Оптимальним варіантом для фундаментів рублених, панельних і каркасних будинків є палі малого діаметра з лопаттю 300 мм і стовбуром 108 мм. Вони не потребують застосування будівельної техніки, їх можуть загвинтити вручну чотири робітники.

Ефективним є застосування гвинтових палів під час зведення мостів. За наявних методів влаштування й засобів механізації будівництво опор мостів становить до 70 % часу від загального терміну зведення мостового переходу. Одним із напрямів різкого скорочення термінів відновлення (нового будівництва) мостів можна вважати використання гвинтових палів в інвентарних фундаментах у вигляді палів-гвинтових і рамно-гвинтових опор за наявності відповідних засобів механізації та розробленні передових методів

швидкісного відновлення й будівництва.

Загвинчувати палі (анкери) рекомендується на глибину не менше ніж 4,0 м з міркувань надійності. Залежно від глибини загвинчування й діаметра лопаті вводяться поняття «палі (анкери) мілкокого й глибокого закладання». У разі $\lambda < 6$ для пісків і $\lambda < (3...4)$ для глинястих ґрунтів ($\lambda = h/D$, де h – глибина закладання лопаті, D – її діаметр) палі (анкери) належать до категорії мілкокого закладання; за $\lambda > 6$ і, відповідно, $\lambda \geq (3...4)$ – до категорії глибокого закладання.

Для уточнення типу, якості, властивостей і глибини промерзання ґрунту здійснюється пробне загвинчування палі, що дає змогу уникнути помилок під час зведення фундаменту. На підставі отриманих результатів і розрахунків підбираються параметри й кількість застосовуваних конструктивних елементів. Також визначається оптимальний для цих умов тип угвинчування (ручний або автоматичний). Основний технологічний етап – монтаж у ґрунт відповідно до складеного плану фундаменту. Зазвичай для цього використовують спецтехніку. Установлені гвинтові палі підрізають на рівні близько 0,5 м над поверхнею. Якщо структура ґрунту під об'єктом змінюється, угвинчування здійснюється на різну глибину.

Заключний етап – бетонування палей до рівня підрізання. Установлюється оголовок, на ньому кріпиться обв'язування, для чого використовують металевий швелер, брус, залізобетонну плиту або решітку. Щоб запобігти корозії, зварні шви укривають епоксидним складом або надміцною емаллю. Бетонування не використовують під час зведення тимчасових споруд.

Для загвинчування гвинтових палей застосовують спеціальні пристрої – кабестани (рис. 2.33).



Рисунок 2.33 – Установка для загвинчування палей

У разі невеликого обсягу робіт занурення гвинтових паль може здійснюватися тросовими кабестанами з використанням лебідок трелювальних тракторів, автомобільних кранів і тягачів.

Однак найкращими вважаються гідравлічні кабестани, здатні розвинути крутний момент понад 100 кНм, який навішується як змінне обладнання на екскаватори (наприклад Е-14 (Е-18) з ємністю ковша 0,5 м³) або іншу будівельну техніку.

Контрольні питання:

1. За якими трьома найістотнішими ознаками можна класифікувати палі?
2. Що варто вважати перевагами сталевих паль?
3. Назвіть способи стикування призматичних залізобетонних паль.
4. Чим армують бетоновані в свердловинах палі?
5. На які види розподіляють палі заводського виготовлення за методом занурення?
6. Чому не рекомендується переміщувати залізобетонні палі волоком?
7. Яким засобом можна подавати палі під молот?
8. Унаслідок чого паля під час забивання може відхилятися від проектного положення?
9. За допомогою чого піднімають ударну частину гідравлічних молотів?

3 УЛАШТУВАННЯ ПАЛЬ У ПРОЕКТНОМУ ПОЛОЖЕННІ

3.1 Улаштування буронабивних палів

Процес улаштування фундаментів на бурових палях і стовпах передбачає: підготовлення будівельного майданчика для проведення робіт; буріння свердловин у ґрунті; установлення в свердловину арматурного каркаса й заповнення його бетонною сумішшю; улаштування фундаментної плити (рис. 3.1). Армвані й заповнені бетоном свердловини діаметром 1 м і більше називають буровими стовпами, діаметром до 1 м – буровими палями.



Рисунок 3.1 – Улаштування фундаментів на бурових палях

За нормативними документами розрізняють такі методи улаштування буронабивних палів:

– набивні бетонні та залізобетонні, що влаштовують у ґрунті будівельного майданчика шляхом укладання бетонної суміші у свердловини, утворені внаслідок примусового витіснення ґрунту (рис. 3.2);

– бурові залізобетонні, що влаштовують у ґрунті шляхом заповнення заздалегідь пробурених свердловин бетонною сумішшю.

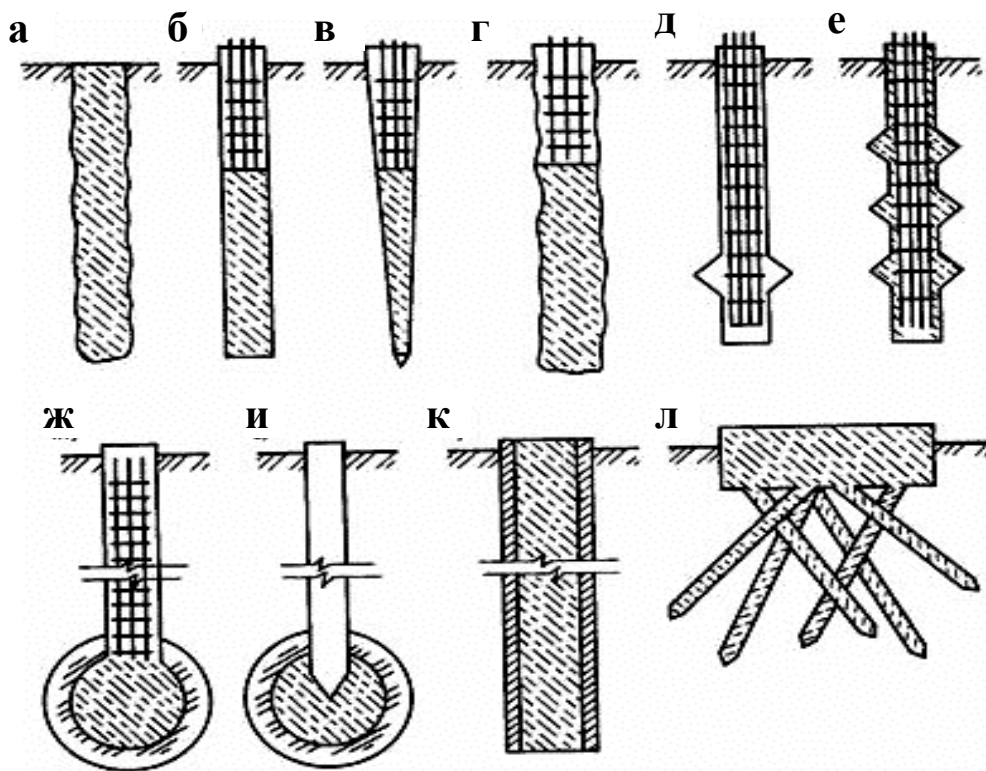


Рисунок 3.2 – Набивні палі:

а – бетонна; б – залізобетонна циліндрична; в – конічна; г – із профільованою поверхнею; д – з одним розширенням; е – з декількома розширеннями; ж – із камуфлетним розширенням; и – комбінована камуфлетна; к – в залізобетонній оболонці; л – коренеподібні палі

Набивні палі за способом улаштування розподіляють на такі:

– улаштовувані шляхом занурення інвентарних труб, нижній кінець яких закритий металевим башмаком, що залишається в ґрунті, або бетонною пробкою, із подальшим вилученням цих труб у процесі заповнення свердловин бетонною сумішшю;

– віброштамповані, що влаштовуються у свердловинах шляхом заповнення їх жорсткою бетонною сумішшю, ущільнюваною вібраційним штапом у вигляді труби із загостреним нижнім кінцем і закріпленим на ньому вібраційним занурювачем;

– у виштампуваному ложі, улаштовувані шляхом виштампування в ґрунті свердловин пірамідальної або конусної форми з подальшим заповненням їх бетонною сумішшю.

За способом улаштування бурові палі розподіляють на такі види:

– із суцільним перетином та розширеннями або без них, бетоновані в свердловинах, пробурених із кріпленням стінок свердловин обсадними трубами, що вилучаються, і без них;

– порожнисті з круглим перетином, що влаштовують із застосуванням багатосекційного віброосердя;

– з ущільненим забоем, що влаштовують шляхом утрамбовування в забій свердловини щебеню;

– із камуфлетною п'ятою, які влаштовують шляхом буріння свердловин з подальшим утворенням розширення вибухом або шляхом використання інвентарного розширювача з подальшим заповненням свердловин бетонною сумішшю;

– буронабивні з діаметром 0,15...0,25 м, що улаштовують в пробурених свердловинах шляхом нагнітання (ін'єкції) в них дрібнозернистої бетонної суміші або цементно-піщаного розчину або буроін'єкційні з ущільненням довколишнього ґрунту шляхом оброблення свердловини за розрядно-імпульсним методом;

– буроін'єкційні, що влаштовуються за допомогою порожнистого шнека.

3.1.1 Улаштування палей методом «із використанням прохідного шнека»

Палі, що влаштовуються методом безперервного (прохідного) порожнистого шнека, складаються з елементів 1,5...6,0 м завдовжки. Зовнішній діаметр шнеків – 400, 450, 500, 600, 700, 800, 900, 1 000, 1 200 мм, діаметр внутрішнього отвору труби шнека – 100...125 мм. Ґрунт витягується на поверхню під час підймання шнека за допомогою гвинтової лопаті, навареної по всій довжині осердя труби шнека (рис. 3.3). Шнек переміщується всередині напрямного очищувача, встановленого на напрямному стояку, і оснащений буровими наконечниками для пухких, зв'язаних і твердих ґрунтів.

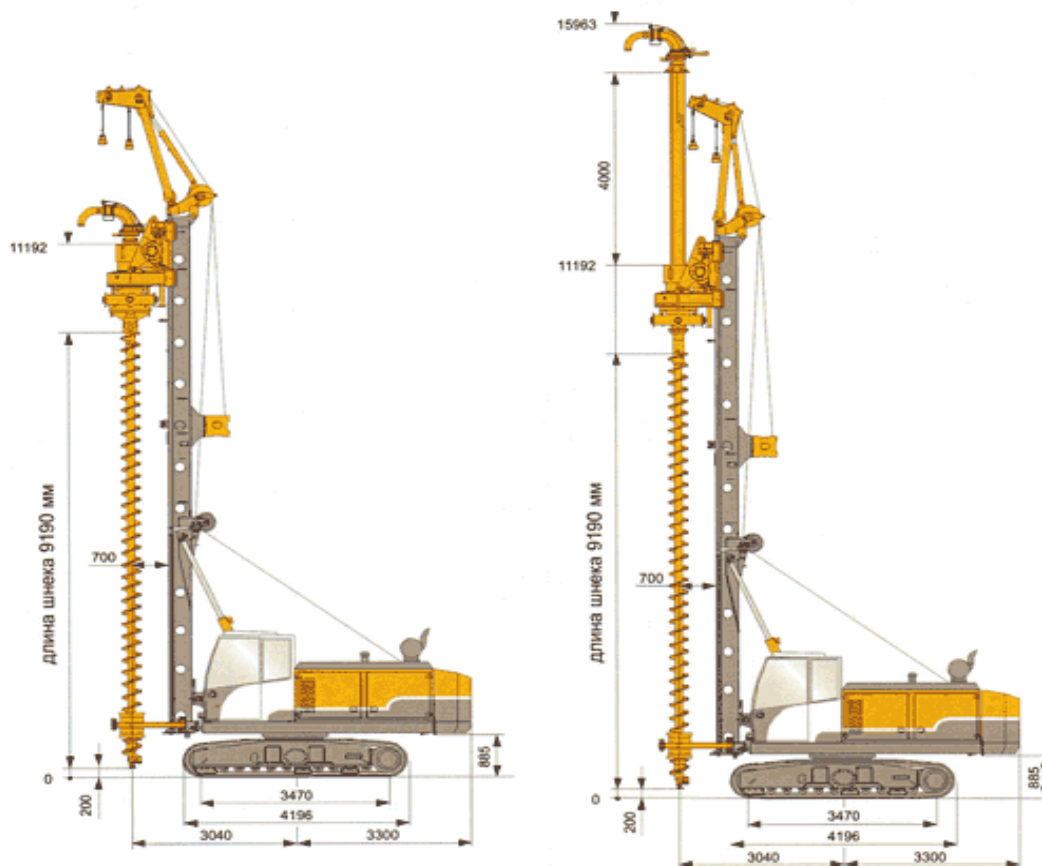


Рисунок 3.3 – Спосіб буріння з нескінченим шнеком

Улаштування паль методом «із використанням прохідного шнека» складається з таких операцій (див. рис. 3.4):

- геодезичне розмічування планового положення палі;
- наведення установки на точку влаштування палі;
- занурення шнекової колони на задану проектну відмітку, за необхідності шнек нарощують (рис. 3.4, а, б);

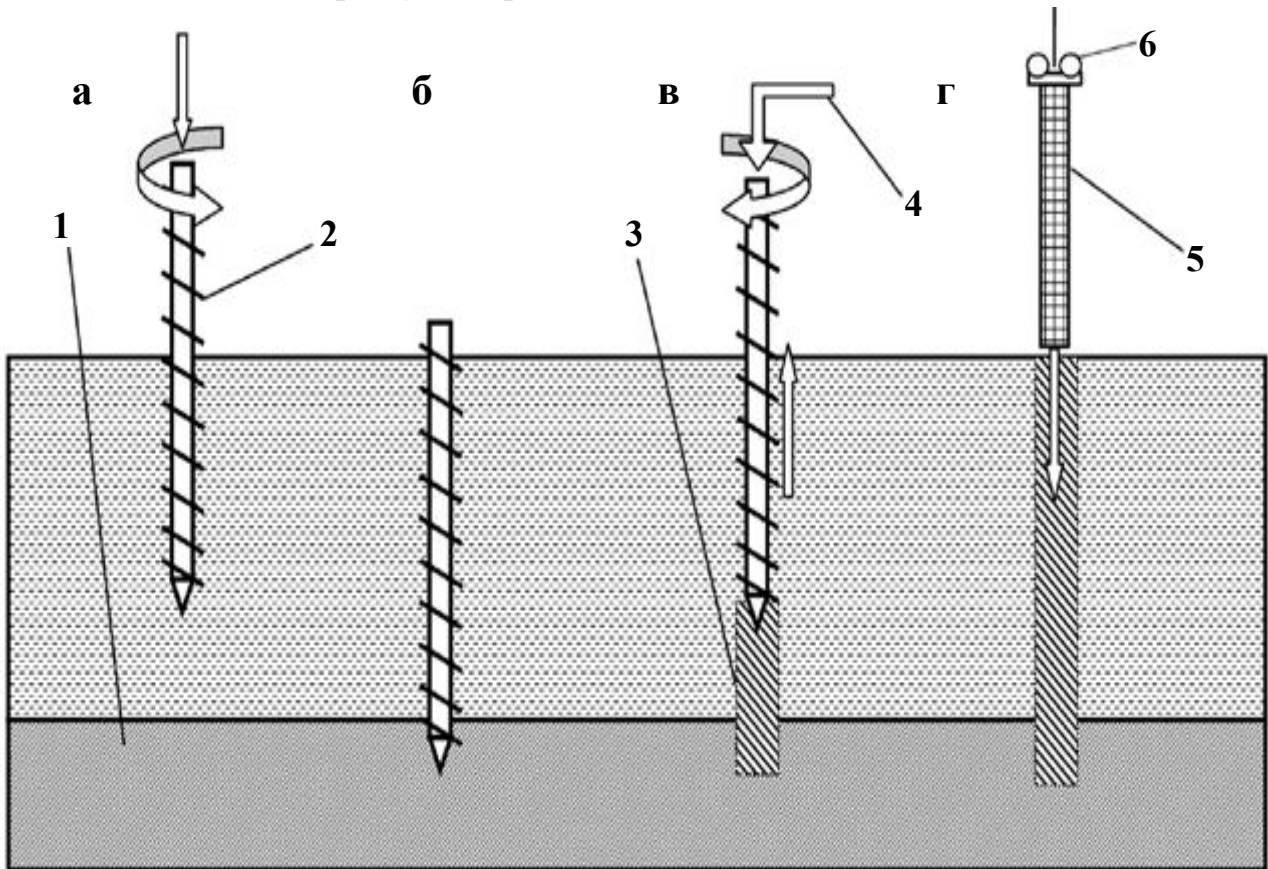


Рисунок 3.4 – Технологічні операції з влаштування набивних паль за допомогою прохідного шнека: а, б – буріння шнека на проектну відмітку; в – витягування шнека з одночасним заповненням бетоном свердловини; г – вібраційне вставлення арматурного каркаса в бетонний стовбур; 1 – несучий шар ґрунту; 2 – прохідний шнек; 3 – заповнена бетоном свердловина в ґрунті; 4 – напрям подавання бетону в свердловини через порожнину шнека; 5 – арматурний каркас; 6 – вібратор на гаку-крані

– поступове витягування шнека з одночасним подаванням на забій бетонної суміші бетононасосом через порожнину шнека. Бетон закачується під тиском приблизно 2 кг/см^2 для видавлювання заглушки з отвору в нижньому торці труби. Надалі тиск встановлюється в межах $1 \dots 1,5 \text{ кг/см}^2$. Під час бетонування шнекова колона повинна бути постійно заповнена бетонною сумішшю. Під час підймання шнекової колони її нижній кінець повинен бути заглиблений в бетон не менше ніж на 1 м (рис. 3.4, в). Шнек піднімається без обертання або повільним обертанням в тому самому напрямі, що й під час руху вниз;

- зачищення екскаватором гирла свердловини від витягнутого ґрунту;

– установлення арматурного каркаса в бетонний стовбур за допомогою вібратора або під дією сили тяжіння на гаку крана, ковші екскаватора або з використанням допоміжної лебідки (рис. 3.4, г);

– формування оголовка палі; у разі необхідності занурення додаткового арматурного каркаса;

– переміщення установки на наступну точку влаштування палі.

Для забезпечення занурення каркаса в свердловину необхідно використовувати самоущільнювальний бетон с розміром щебеню 5...20 мм і маркою пластичності П 4 (5).

За поданим методом можна виготовляти палі з максимальним діаметром – 1 200 мм, до 32 м завдовжки.

Основними перевагами є виготовлення палі великої несучої здатності без динамічних впливів; висока продуктивність.

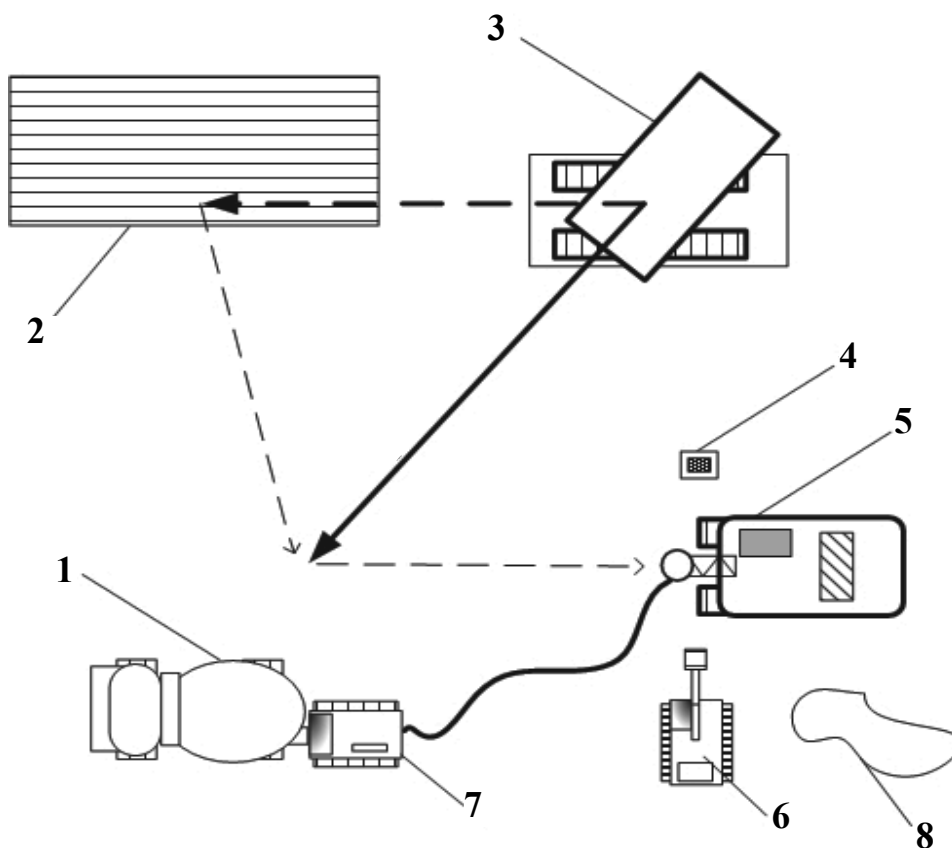


Рисунок 3.5 – План-схема організації робіт під час влаштування бурових паль за методом прохідного шнека: 1 – автобетоновоз; 2 – арматурні каркаси; 3 – кран; 4 – вібратор; 5 – бурова установка; 6 – гідравлічний екскаватор; 7 – самохідний бетононасос на гусеничному ході; 8 – відвал ґрунту

Недоліки можливе часткове ущільнення або знещільнення ґрунту по всій глибині палі під час буріння; у разі роботи в слабких водонасичених ґрунтах на поверхню може вилучатись обсяг ґрунту, що значно перевищує геометричний

обсяг свердловини (ефект налипання ґрунту на шнек); підсмоктування ґрунту в свердловину під час несвоєчасного подавання бетонної суміші в момент відривання шнека від забою; сезонне здорожчання під час прогрівання бетону; у разі формування палі в напірних водонасичених ґрунтах відбувається вимивання свіжоукладеного бетону й оголення арматурного каркаса; додаткові витрати на вивезення ґрунту; у разі наявності в основі щільних ґрунтів із гальковими або валунними включеннями стовбур палі може відхилитися від проектного положення або зупинитися буріння.

План-схему організації робіт показано на рисунку 3.5.

3.1.2 Улаштування паль методом «під захистом обсадних труб»

Улаштування паль під захистом обсадних труб найраціональніший спосіб для влаштування паль великого діаметра (здебільшого до 2 м). Обсадну трубу занурюють обертачем через закріплений на трубі хомут і одночасно вдавлюють гідравлічним домкратом (рис. 3.6).



Рисунок 3.6 – Установка для влаштування паль під захистом обсадних труб

Обсадна труба складається з декількох жорстко з'єднаних секцій. У процесі занурення труби з неї витягують ґрунт і нарощують наступну секцію.

Стики секцій обсадних труб додатково герметизують.



Рисунок 3.7 – Буровий інструмент для пластичних і щільних скельних ґрунтів

Як буровий застосовують різноманітні інструменти, а саме шнеки, ковшебури, колонкові бури, желонки, грейфери, закріплені на кінці телескопічної штанги Келлі, які розсуваються в разі поглиблення свердловини (див. рис. 3.7).

Швидкість проходження свердловини залежить від виду ґрунту й продуктивності бурового інструменту.

Улаштування паль методом «під захистом обсадних труб» складається з наступних операцій (див. рис. 3.8):

– геодезичне розмічування планового положення палі;

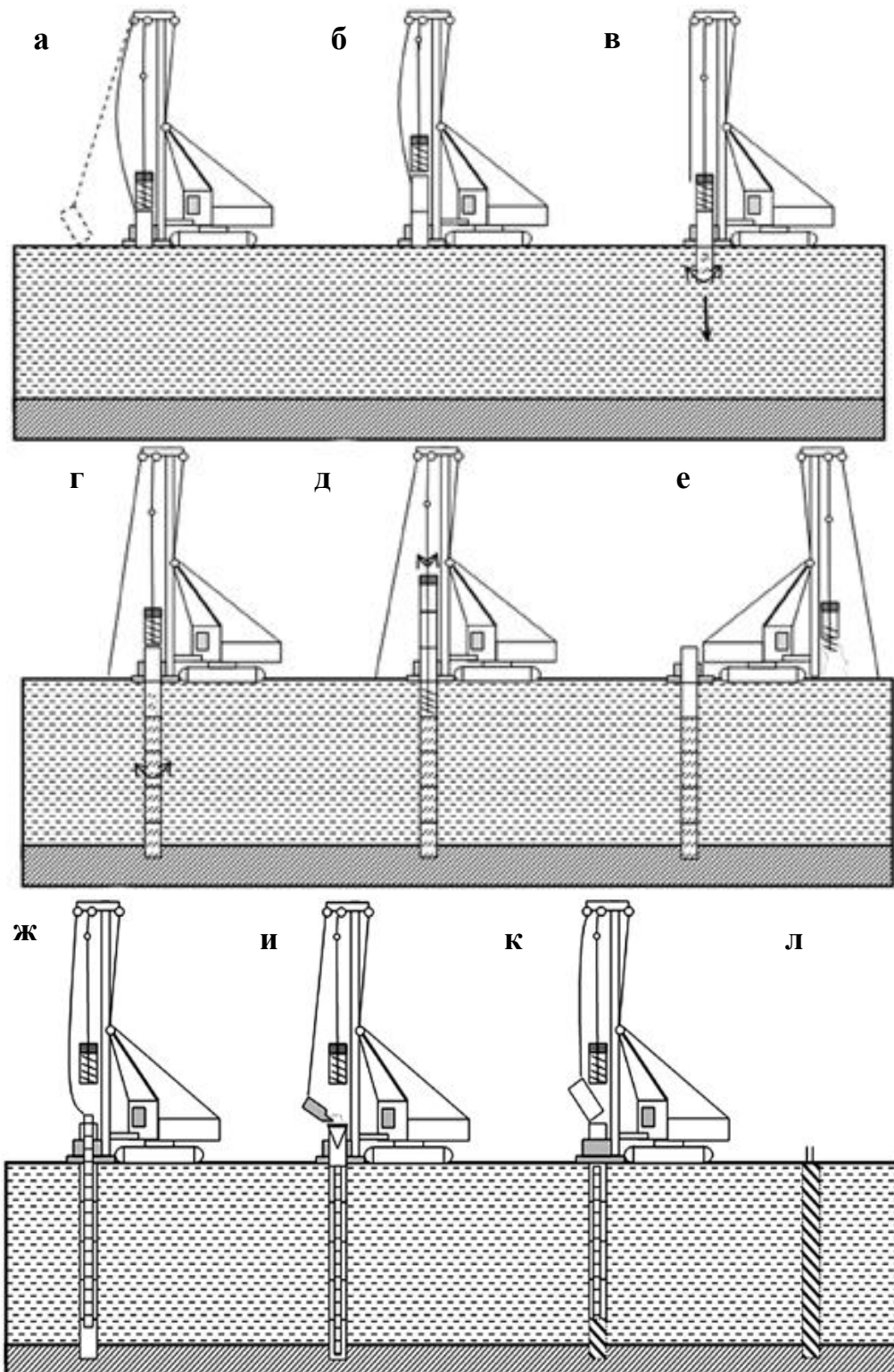


Рисунок 3.8 – Метод улаштування паль в обсадних трубах:

а, б – монтаж перших секцій обсадних труб; в, г – обертальне занурення труб;
д, е – очищення обсадних труб від ґрунту коротким шнеком з його подальшим витяганням на поверхню; ж – занурення каркаса; и, к – бетонування; л – готова палля

- наведення установки на точку влаштування палі;
- послідовне занурення секцій обсадної труби й виймання ґрунту з його подальшою евакуацією. Процес починається з випереджувального буріння свердловини обсадною трубою з армованим наконечником (кільцевою коронкою). Обсадна труба при цьому занурюється в ґрунт обертачем або трубокручувальним столом на глибину 1,5...2,0 м (див. рис. 3.8, а...д). Далі за допомогою телескопічної штанги Келлі й підвішеного на ній короткого шнека обсадна труба очищується від ґрунту (див. рис. 3.8, д, е). Під час буріння в м'якопластичних ґрунтах – чищення труб ковшовим буром. Операції щодо буріння свердловин і вилучення ґрунту повторюються через кожні 1,5...2,0 м занурення обсадних труб;
- після досягнення проектної глибини буровий інструмент витягають із колони обсадних труб, зачищають забій від шламу, установлюють і фіксують арматурний каркас (див. рис. 3.8, ж);
- бетонування палі методом вертикально переміщуваної труби (далі – ВПТ). Бетонну суміш подають в бетонолитну трубу з лотка автобетонозмішувача або бетононасосом (див. рис. 3.8, и);
- у процесі бетонування зі свердловини витягуються обсадні труби й секції бетонолитних труб. Під час підймання труб необхідно забезпечити занурення нижніх обсадної й бетонолитної труб у бетоні на 1,0...1,5 м (див. рис. 3.8, к, л).

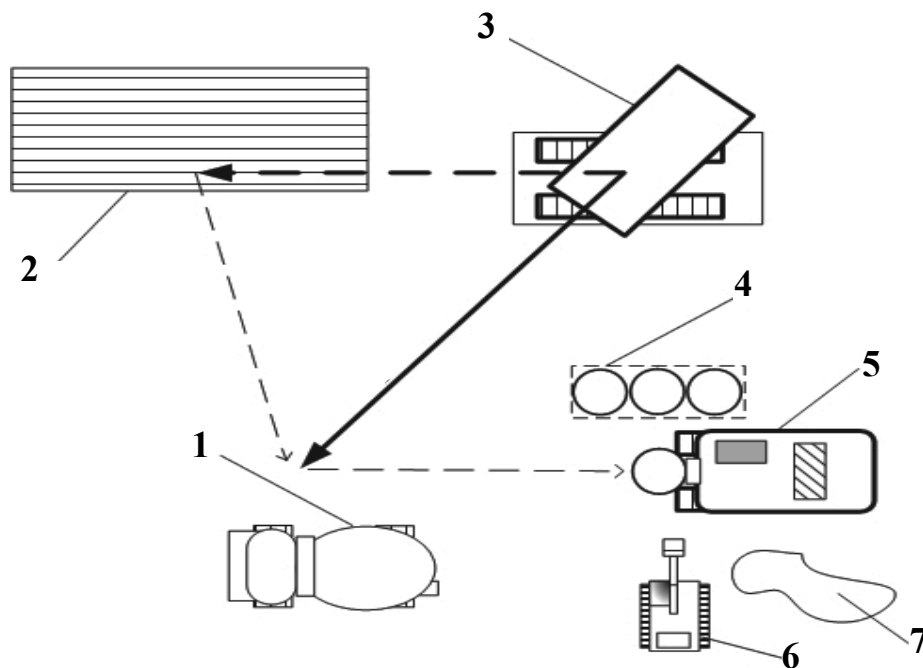


Рисунок 3.9 – План-схема організації робіт під час влаштування бурових палей під захистом обсадних труб: 1 – автобетоновоз; 2 – арматурні каркаси; 3 – кран; 4 – ділянка складування обсадних і бетонолитних труб; 5 – бурова установка; 6 – гідравлічний екскаватор; 7 – відвал ґрунту

За цим методом можна виготовляти палі з максимальним діаметром – до 2 000 мм і до 80 м завдовжки.

Основні переваги – можливість працювати в ґрунтах із включенням валунів; висока якість суцільності стовбура палі під час бетонування; контроль відповідності фактичних характеристик ґрунту проектним; виготовлення палі великої несучої здатності без динамічних та вібраційних впливів на навколишню забудову.

Основні недоліки – низька продуктивність; сезонне здорожчання під час прогрівання бетону; додаткові витрати на вивезення ґрунту.

План-схему організації робіт подано на рисунку 3.9.

3.1.3 Улаштування паль методом «подвійного обертання робочих елементів»

Свердловина буриться під захистом обсадної труби, що обертається, усередині неї в інший бік обертається прохідний шнек, який видобуває ґрунт на поверхню.

Улаштування паль методом «подвійного обертання робочих елементів» складається з наступних операцій (див. рис. 3.10):

- геодезичне розмічування планового положення палі;
- наведення установки на точку влаштування палі (рис. 3.10, а);
- буріння на задану проектну відмітку з одночасним зануренням безперервного прохідного шнека (обертання вправо) і обсадної труби (вліво) (рис. 3.10, а, б);
- поступове витягування бурової колони з одночасним подаванням на забій бетонної суміші бетононасосом через порожнину в шнеку (рис. 3.10, в);
- виймання ґрунту з обсадної труби під час лівого обертання шнека (рис. 3.10, в);
- переміщення витягнутого ґрунту екскаватором;
- установлення арматурного каркаса за допомогою вібратора на крані (рис. 3.10, г);
- переміщення установки на наступну точку влаштування палі;
- формування оголовка, занурення в разі необхідності додаткового арматурного каркаса у верхню частину палі.

За цим методом можна виготовляти палі з максимальним діаметром – 900 мм і до 25 м завдовжки (рис. 3.11).

Основні переваги – виготовлення палі великої несучої здатності без динамічних впливів; висока продуктивність; гарантія якості й заповнення свердловини під час подавання бетону під тиском бетононасоса; відсутність зсувних деформацій і випирання під час роботи впритул до наявних будівель.

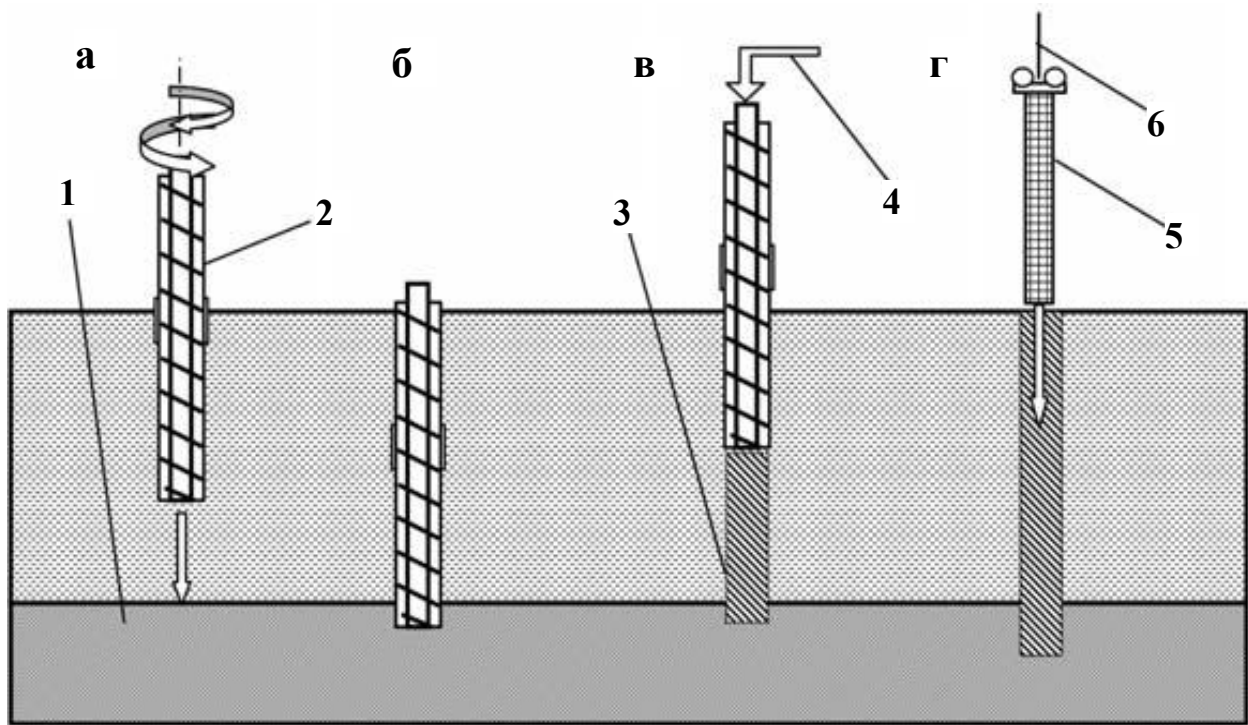


Рисунок 3.10 – Технологічна послідовність улаштування палі: а, б – буріння на проектну відмітку; в – витягування шнека з одночасним заповненням бетоном свердловини; г – вібраційне установлення арматурного каркаса в бетонний стовбур; 1 – несучий шар ґрунту; 2 – обсадна труба з прохідним шнеком; 3 – свердловина в ґрунті, заповнена бетоном; 4 – напрям подавання бетону в свердловини через порожнину шнека; 5 – арматурний каркас; 6 – вібратор на гаку-крані



Рисунок 3.11 – Установка подвійного обертання

Основні недоліки – підсмоктування ґрунту в свердловину в разі несвоєчасного подавання бетонної суміші в момент відривання шнека від забою; сезонне здорожчання під час прогрівання бетону; додаткові витрати на вивезення ґрунту.

3.1.4 Улаштування паль методом «під захистом глинястого розчину»

Під час влаштування паль використовується глинястий розчин для промивання зі щільністю $1,05 \dots 1,3 \text{ г/см}^3$, що виконує такі функції:

- утримування стінок свердловини від обвалення в нестійких і водонасичених ґрунтах шляхом протидавлення й глинизації;
- очищення й винесення на поверхню продуктів руйнування гірської породи (шламу);
- охолодження бурового інструменту.

Для цього в процесі буріння організується циркуляція бурового розчину, що нагнітається насосом по шлангах через сальник і бурові труби. Рухаючись униз по трубах, розчин омиває забій і торець бурового інструменту, а далі піднімається по стовбуру свердловини вгору, виносячи частки зруйнованої породи. На поверхні розчин переміщується по спеціальних очисних жолобах і відстійниках, звільняється від шламу, що випадає в осад, і знову захоплюється насосом, що приймає ємності через шланг (рис. 3.12).

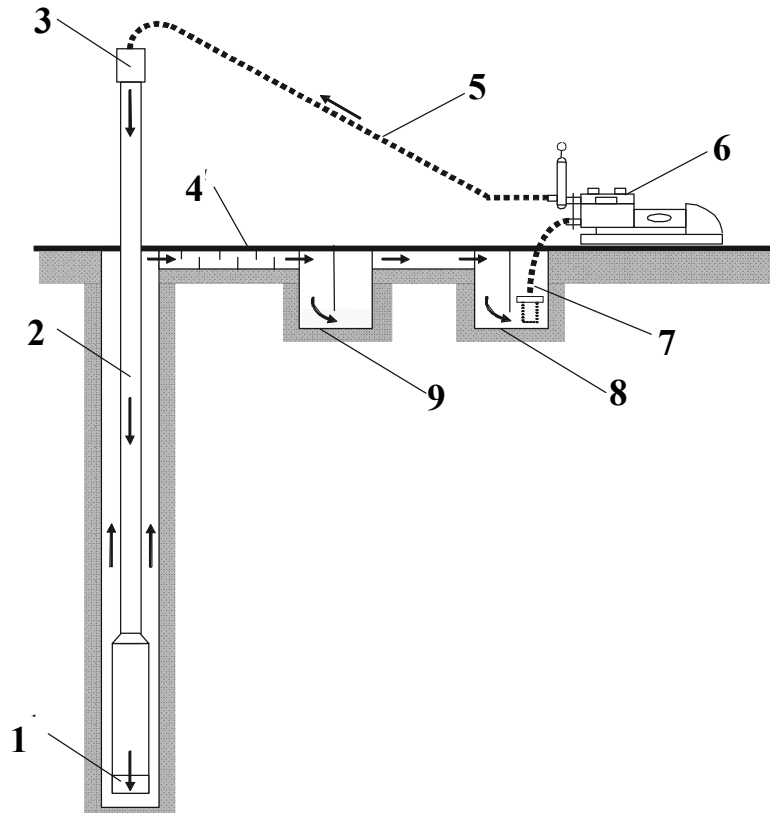


Рисунок 3.12 – Схема прямого промивання свердловини під час влаштування паль:
1 – буровий інструмент; 2 – бурові труби; 3 – сальник; 4 – жолоби для очищення розчину від шламу розмірами $40 \times 40 \text{ см}$ з нахилом 1:100; 5 – нагнітальний шланг; 6 – насос; 7 – шланг; 8 – приймальна ємність насоса; 9 – шламівий відстійник

Глинястий розчин готується безпосередньо на місці робіт у глиномішалці. На приготування 1 м³ розчину витрачається 0,25...0,35 т глини залежно від заданої щільності розчину. Для забезпечення безперебійної роботи насоса розчину необхідно приготувати не менше ніж на два обсяги свердловини.

Високоякісні розчини виготовляються на основі тонкодисперсних бентонітових глин. У разі прорізання свердловинами природної товщі глин буріння можна проводити з промиванням водою, під час такого буріння відбувається так зване «самозамішування».

Буріння виконується верстатами обертального буріння (залежно від міцності ґрунтів), оснащеними шарошечними долотами (рис. 3.13), розширювачами або колонковими бурами.

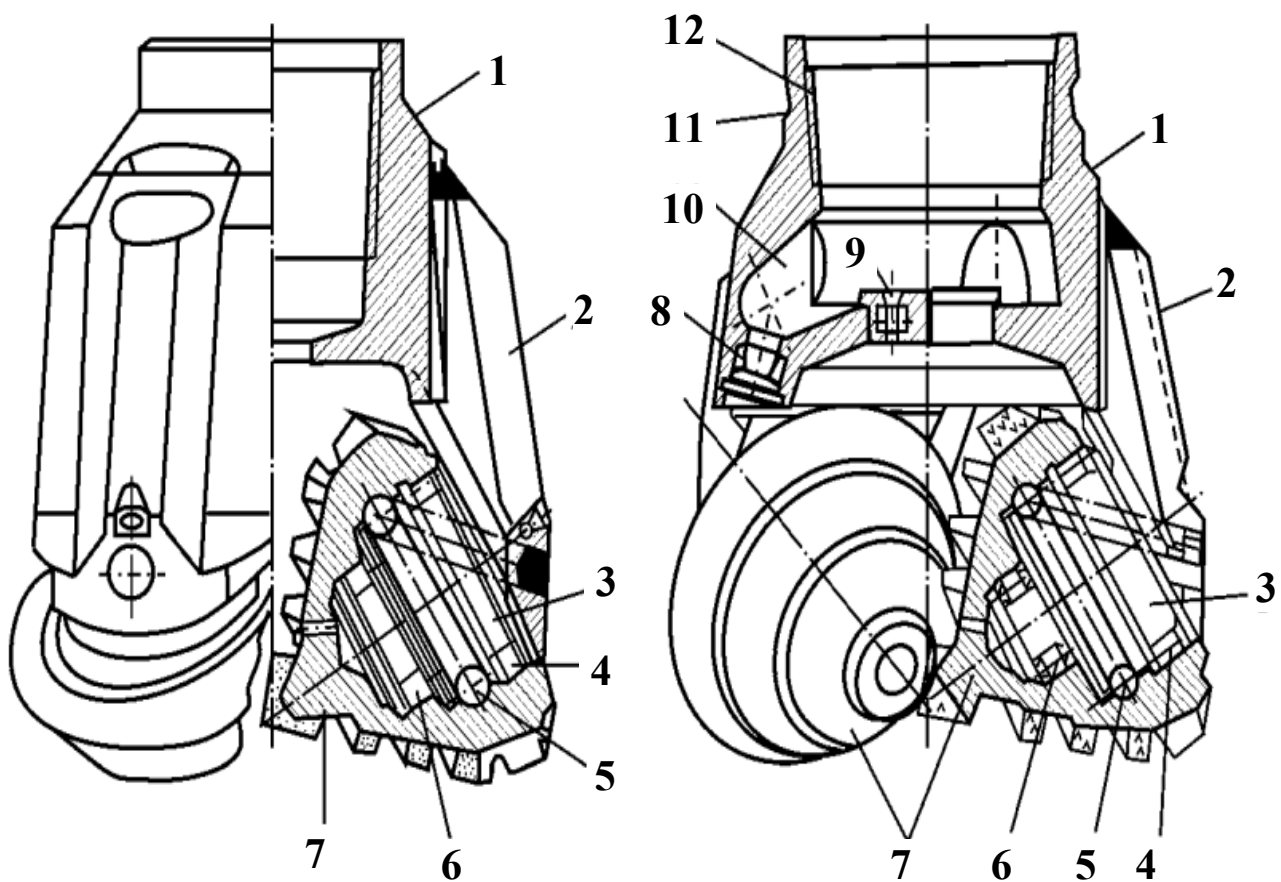


Рисунок 3.13 – Шарошечне долото: 1 – корпус (литий); 2 – лапи; 3 – цапфа; 4, 5, 6 – підшипник; 7 – шарошки; 8, 9 – сопло; 10 – канали; 11 – головка для приєднання трубопроводів; 12 – різьблення для приєднання трубопроводів

Бетон виготовляється безпосередньо на будівельному майданчику мобільними комплексами або доставляється з бетонних заводів і подається в свердловини через вертикально переміщувані бетонолитні труби (далі – ВПТ). Бетонування проводять до виходу бетонного розчину на поверхню, після чого видаляють забруднений шар і формують оголовок палі. Надходячи в

свердловину, бетонна суміш поступово витісняє глинястий розчин у відстійник для очищення від шламу й подальшого використання або вивозиться у відвал.

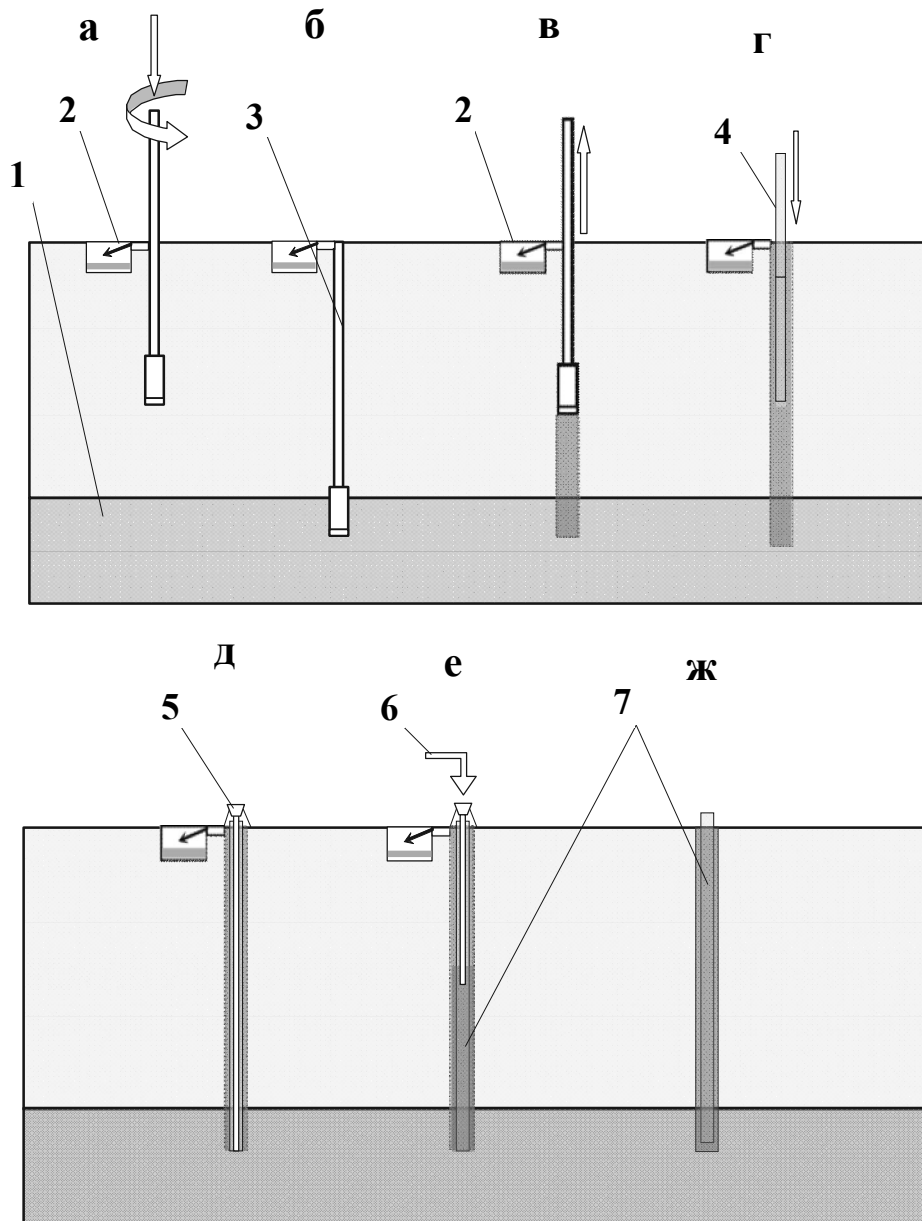


Рисунок 3.14 – Технологічні операції щодо влаштування бурових паль під глинястим розчином: а, б – буріння на проектну відмітку з промиванням свердловини глинястим розчином; в – витягання бурового інструменту; г – занурення арматурного каркаса у свердловину; д – монтаж секцій бетонолитних труб; е – бетонування свердловини з послідовним витяганням труб; ж – готова палія в ґрунті; 1 – несучий шар ґрунту; 2 – ємності системи циркуляції розчину; 3 – бурові труби; 4 – секції арматурного каркаса; 5 – бетонолитні труби з прийомним бункером; 6 – напрям подавання бетонної суміші в свердловину; 7 – заповнена бетоном свердловина в ґрунті

Улаштування паль методом «під захистом глинястого розчину» складається з таких операцій (див. рис. 3.14):

- улаштування системи циркуляції (регенерації) бурового розчину;
- геодезичне розмічування планового положення палі;
- установлення напрямної труби кондуктора (за необхідності);

- наведення установки на точку влаштування палі;
- буріння до проектної позначки з організацією постійної циркуляції глинястого розчину (див. рис. 3.14, а, б);

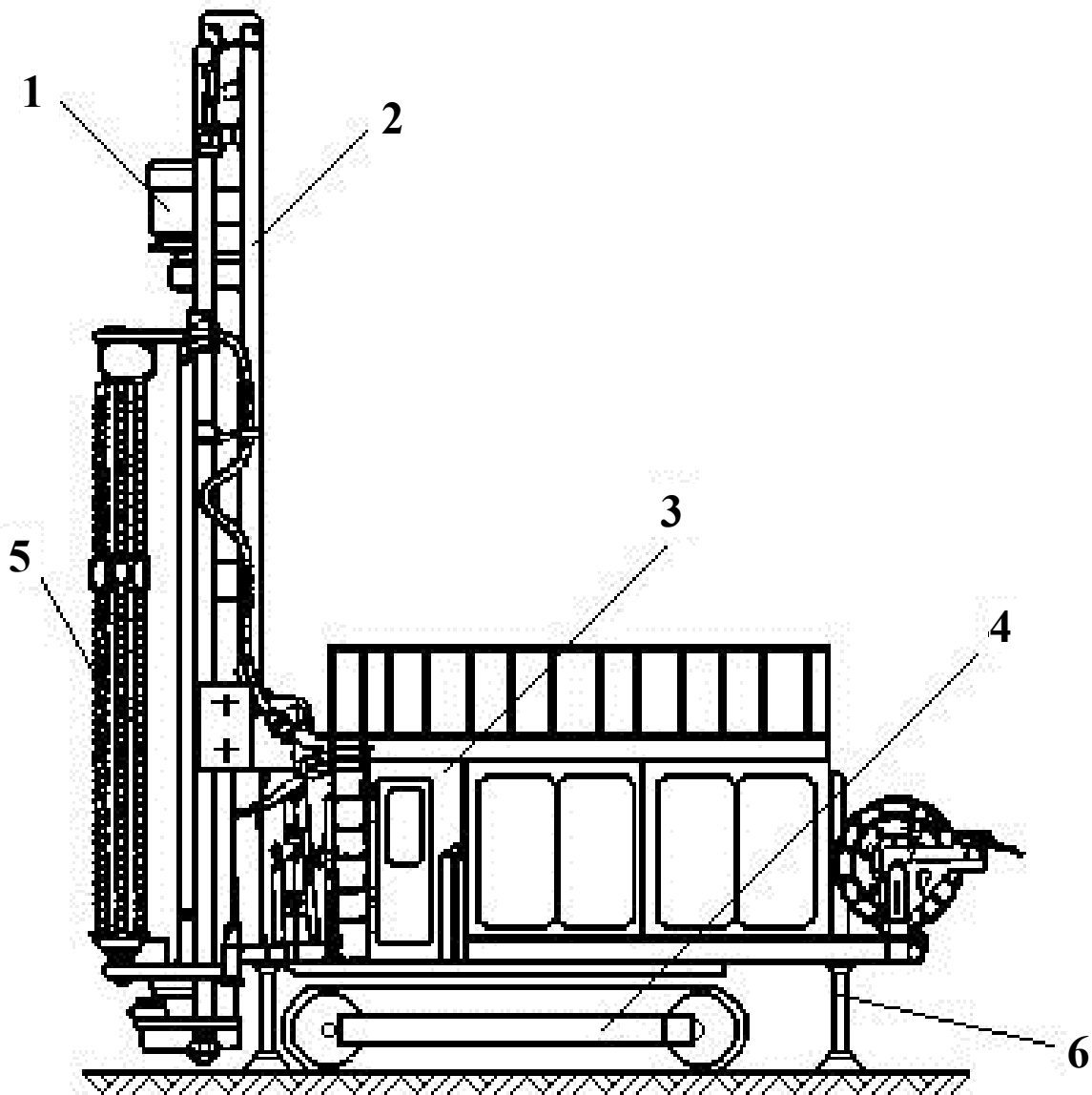


Рисунок 3.15 – Верстат обертального буріння: 1 – обертач; 2 – щогла; 3 – кабіна; 4 – ходова частина; 5 – касета; 6 – гідроциліндр вирівнювання верстата

- витягування бурового інструменту зі свердловини, заповненої глинястим розчином (рис. 3.14, в);
- оглядання глибини свердловини зі складанням відповідного акта;
- переміщення установки на наступну точку влаштування палі;
- занурення в свердловину секцій арматурного каркаса вручну або краном. З'єднання каркасів виконується шляхом зварювання повздовжніх стрижнів або обтискання гвинтовими струбцинами (рис. 3.14, г);
- монтаж у свердловині секцій бетонолитних труб із приймальним бункером на верхньому торці (рис. 3.14, д);

– заповнення бетонною сумішшю свердловини з послідовним витяганням і демонтажем секцій труб. Обов'язковою умовою є постійне перебування нижнього кінця бетонолитної труби нижче рівня поверхні бетону в свердловині не менше ніж на 1 м (рис. 3.14, е);

– демонтаж прямого кондуктора й формування оголовка палі.

Виготовляють палі з діаметрами 114, 127, 273, 377, 426 мм і до 30 м завдовжки. Для збільшення несучої здатності палі зони забою свердловин розширюють до діаметра 900 мм механічними розширювачами, занурюваними в свердловину, заповнену буровим розчином, після завершення основного циклу буріння.

Як бурові установки застосовують верстати обертального буріння масою до 5 т (див. рис. 3.15).

3.1.5 Улаштування палі методом «занурення обсадної труби з башмаком, що втрачається»

У ґрунт угвинчується й одночасно задавлюється порожниста обсадна труба з башмаком, що втрачається, із подальшим заповненням стовбура бетоном і витяганням труби (рис. 3.16).



Рисунок 3.16 – Бурова установка

Улаштування палі методом «занурення обсадної труби з башмаком, що втрачається» складається з таких операцій (див. рис. 3.17):

– геодезичне розмічування планового положення палі;

- наведення установки на точку влаштування палі;
- установлення наконечника, що втрачається, і з'єднання його через гідравлічну ізолювальну прокладку з обсадною трубою;
- влаштування свердловини на задану проектну відмітку шляхом занурення труби за рахунок крутного моменту й осьового вдавнення (див. рис. 3.17, а);
- після завершення занурення труби на проектну відмітку виконується візуальне перевірення герметичності порожнини труби на відсутність у її порожнині ґрунтових вод;
- установлення арматурного каркаса в порожнину бурової труби (див. рис. 3.17, б);
- подавання в трубу порції праймера (300 л), що складається з цементу, піску й води (1:1:1);
- заповнення труби бетоном через верхній торець за допомогою бадді (див. рис. 3.17, а, б);
- витягання труби шляхом зворотного обертання (див. рис. 3.17, в). Для полегшення вилучення труби допускається її порційне заповнення пластичним бетоном через бетонолитну трубу й поступове витягання труби на величину бетонного стовпа;
- переміщення установки на наступну точку влаштування палі;
- формування оголовка; за необхідності занурення додаткового арматурного каркаса у верхню частину палі.

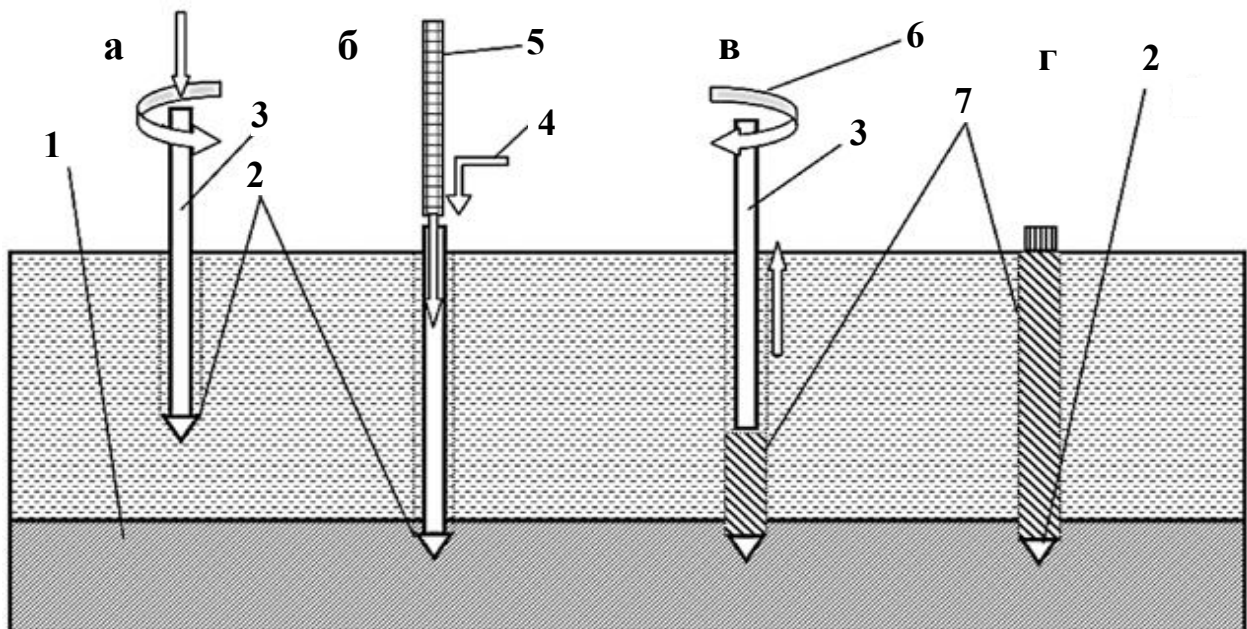


Рисунок 3.17 – Технологічна послідовність влаштування палі: 1 – щільний ґрунт; 2 – башмак, що втрачається; 3 – обсадна труба; 4 – подавання бетону цебром або бетононасосом; 5 – арматурний каркас; 6 – напрям обертання обсадної труби; 7 – палія в ґрунті

У наш час застосовуються такі методи влаштування паль: «Фундекс», «Атлас», «Омега».

«Фундекс». Використовується чавунний башмак, що втрачається, із діаметром, який перевищує зовнішній діаметр обсадної труби. Товщина стінки труб – 16...20 мм, довжина секцій – до 12 м. Труби зварюються до необхідної довжини палі в горизонтальному положенні на спеціальному стенді будівельного майданчика (максимальна довжина труб-паль – до 35 м). Під час вилучення труби бетонувальник перебуває на майданчику біля верхнього торця труби й приймає бетон.

«Атлас». Діаметр башмака, що втрачається, дорівнює діаметру труби, до того ж бурова труба знизу оснащена гвинтовою різальною поверхнею (рис. 3.18). Різальний наконечник випускають із діаметром 360, 410, 460 і 510 мм, діаметр гвинтових лопатей – 530, 610, 670 і 720 мм відповідно.



Рисунок 3.18 – Буровая установка Atlas Copco

Довжина паль – до 25 м. Отримана паля має характерну кручену форму стовбура. На верхньому торці бурова труба жорстко з'єднана з приймальним бункером 2,4 м завдовжки. У деяких випадках каркас опускають у заповнену бетоном свердловину, як і в методі прохідного шнека.

«Омега». За аналогією з методом «Атлас» бурова труба на нижньому торці має гвинтовий різальний наконечник у вигляді конуса з гвинтовою лопаттю, крок якого збільшується відповідно до віддалення від вістря.

За цими методами можна виготовляти палі з максимальним діаметром 540, 720 і 610 мм і до 30 м завдовжки.

Основні переваги – виготовлення палей із великою несучою здатністю і гвинтовим профілем бічної поверхні з мінімальною перевитратою бетону; висока продуктивність; відсутність витрат на вивезення ґрунту.

Основні недоліки – випирання й провалювання ґрунту; сезонне здорожчання під час прогрівання бетону; у разі несвоєчасного від'єднання башмака, що втрачається, під час підймання труби між забоем і п'ятою палі утворюються порожнини; під час формування палі в напірних водонасичених ґрунтах відбувається вимивання свіжоукладеного бетону й оголення арматурного каркаса; відсутність ущільнення бетону; за наявності в основі щільних ґрунтів з гальковими або валунними включеннями стовбур палі може відхилитися від проектного положення або зупинитися буріння з деформуванням башмака; під час буріння щільних пісків і твердих глинястих ґрунтів відбувається перегрівання труби з можливим заклинюванням черевика.

3.1.6 Улаштування набивних палей методом «із вібраційним зануренням обсадної труби»

Обсадна труба з башмаком, що втрачається, плоскої або конусоподібної форми (можуть виготовлятися з металу або із залізобетону) занурюється в ґрунт унаслідок вібраційного впливу, створюваного вібраційним занурювачем, жорстко закріпленим на верхньому торці обсадної труби (див. рис. 3.19).

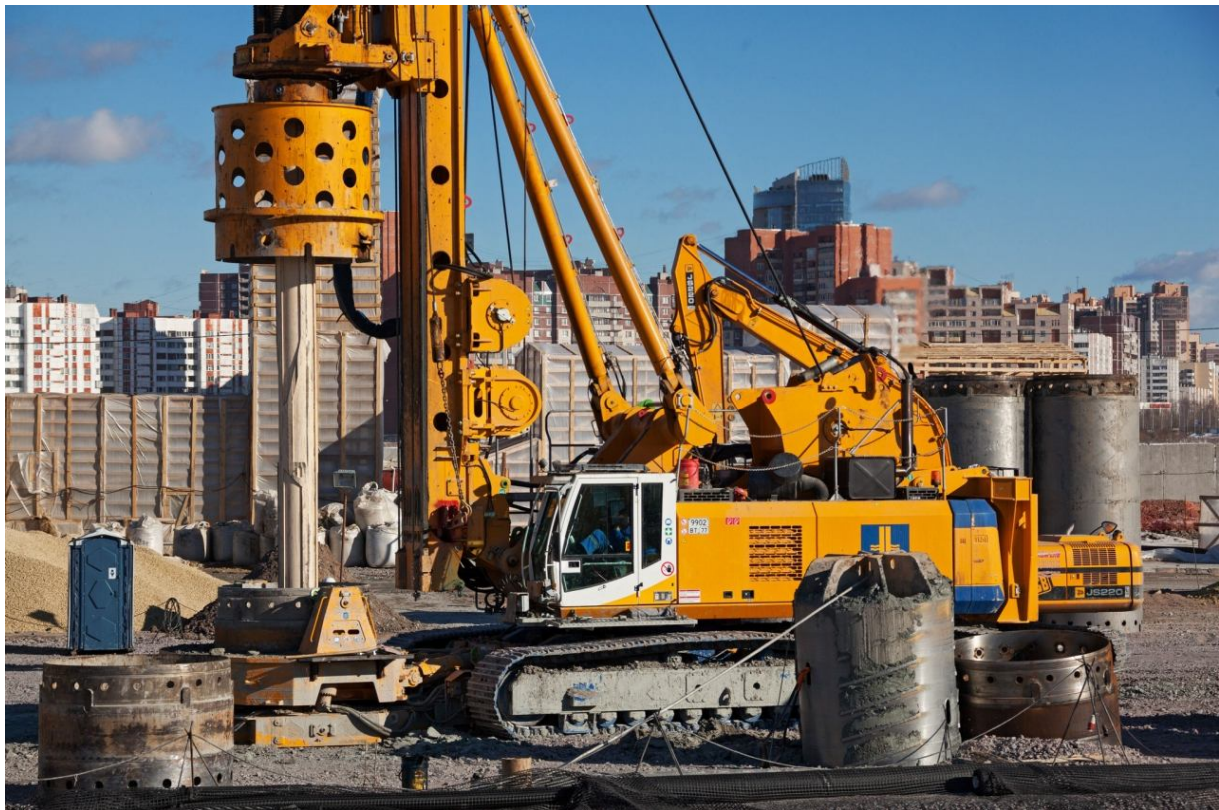


Рисунок 3.19 – Буроваустановка для влаштування набивних палей за вібраційною технологією

Труба може також виготовлятися зі стулками, що розкриваються. Після занурення в трубу встановлюється арматурний каркас і подається бетонна суміш; під час підймання труби під тиском бетону башмак відривається від труби (розкриваються стулки) і утворюється порожнина, яка заповнюється бетоном.

Під час віброзанурення у водонасичених пісках у зоні контакту труби з ґрунтом відбувається розрідження піску й різке зниження сил опору щодо занурення. У разі занурення в маловологі піски відбуваються удари черевика по ґрунту, який під час цього ущільнюється й випинається в боки. У разі занурення труби в глинясті ґрунти зниження опору щодо занурення відбувається внаслідок знеміцнення водоколоїдних плівок і ослаблення зв'язків між частинками ґрунту.

Набивні палі виготовляють шляхом занурення обсадної труби з башмаком, що втрачається, у піщані ґрунти – зі ступенем вологості $0,5 < G < 1$ і глинясті – з показником консистенції $0,5 < IL < 0,75$ або шляхом пробивання свердловини трубою з конусним наконечником у піщаних ґрунтах – зі ступенем вологості $G < 0,5$ і глинястих – з показником консистенції $0,25 < IL < 0,5$, а також у лесових ґрунтах.

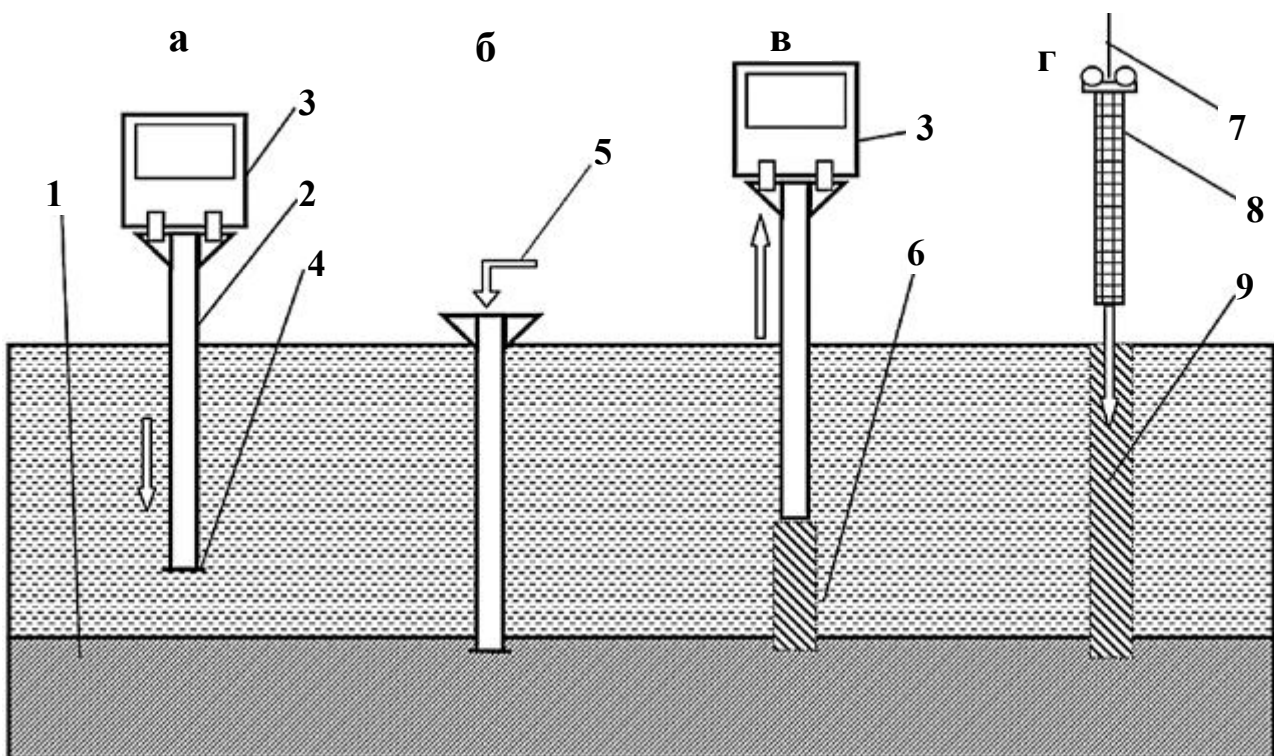


Рисунок 3.20 – Етапи влаштування вібранабивної палі: 1 – щільний ґрунт; 2 – обсадна труба; 3 – віброзанурювач; 4 – башмак, що втрачається; 5 – подавання бетону цебром або бетононасосом; 6 – стовбур свердловини, заповнений бетоном; 7 – вібратор на крані для занурення арматурного каркаса; 8 – арматурний каркас; 9 – палі в ґрунті

Улаштування палі методом «із вібраційним зануренням обсадної труби» складається з таких операцій (див. рис. 3.20):

- геодезичне розмічування планового положення палі;
- наведення установки на точку влаштування палі;
- установлення наконечника, що втрачається, і з'єднання його через гідравлічну ізолювальну прокладку з обсадною трубою;
- улаштування свердловини на задану проектну відмітку шляхом вібраційного занурення обсадної труби (див. рис. 3.20, а);
- візуальне перевірення герметичності порожнини труби на відсутність у ній ґрунтових вод;
- заповнення обсадної труби бетоном через верхній торець за допомогою бадді або розчинонасоса (із використанням, за необхідності, бетонолитної труби) (див. рис. 3.20, б);
- ущільнення бетонної суміші в стовбурі свердловини під час вібраційного вилучення труби (див. рис. 3.20, в);
- вібраційне занурення арматурного каркаса в свіжоукладений бетон палі, каркас допускається встановлювати в трубу до її заповнення бетоном (див. рис. 3.20, г);
- переміщення установки на наступну точку влаштування палі.

За цим методом можна виготовляти палі з максимальним діаметром 900 мм й до 30 м завдовжки.

У стійких глинястих ґрунтах можна виготовляти набивні палі без виймання ґрунту методом вібраційного пробивання свердловини (див. рис. 3.21).

Інвентарна обсадна труба, застосовувана для виготовлення палі, повинна закриватися конусним наконечником, привареним до її нижнього кінця.

Під час вібраційного занурення обсадної труби потрібно безперервно контролювати її вертикальність (див. рис. 3.21, а...в).

Допускається проходити свердловину під захистом відкритої знизу обсадної труби на глибину меншу за проектну на 1...3 м. Частина свердловини повинна пробиватися обсадною трубою того самого діаметру, але з конусним наконечником в основі.

Витягають трубу у вібраційному режимі, до того ж швидкість підймання обмежується тільки вантажопідйомністю амортизатора (приблизно 1 м/хв). У разі зниження зусилля вилучення труби до значення, що дорівнює або менше за вантажопідйомність крана на такому вильоті стріли або копра, подальше підймання труби повинне проводитися у разі вимкненого віброзанурювача.

Після утворення свердловини її заповнюють бетоном, потім у стовбур встановлюється арматурний каркас (див. рис. 3.21, г).

Основні переваги – виготовлення палі значної несучої здатності; висока продуктивність у слабких ґрунтах; під час вібраційного вилучення обсадних труб відбувається додаткове ущільнення бетонної суміші; відсутність витрат на вивезення ґрунту; мінімальна вартість машино-години під час використання крана без копра.

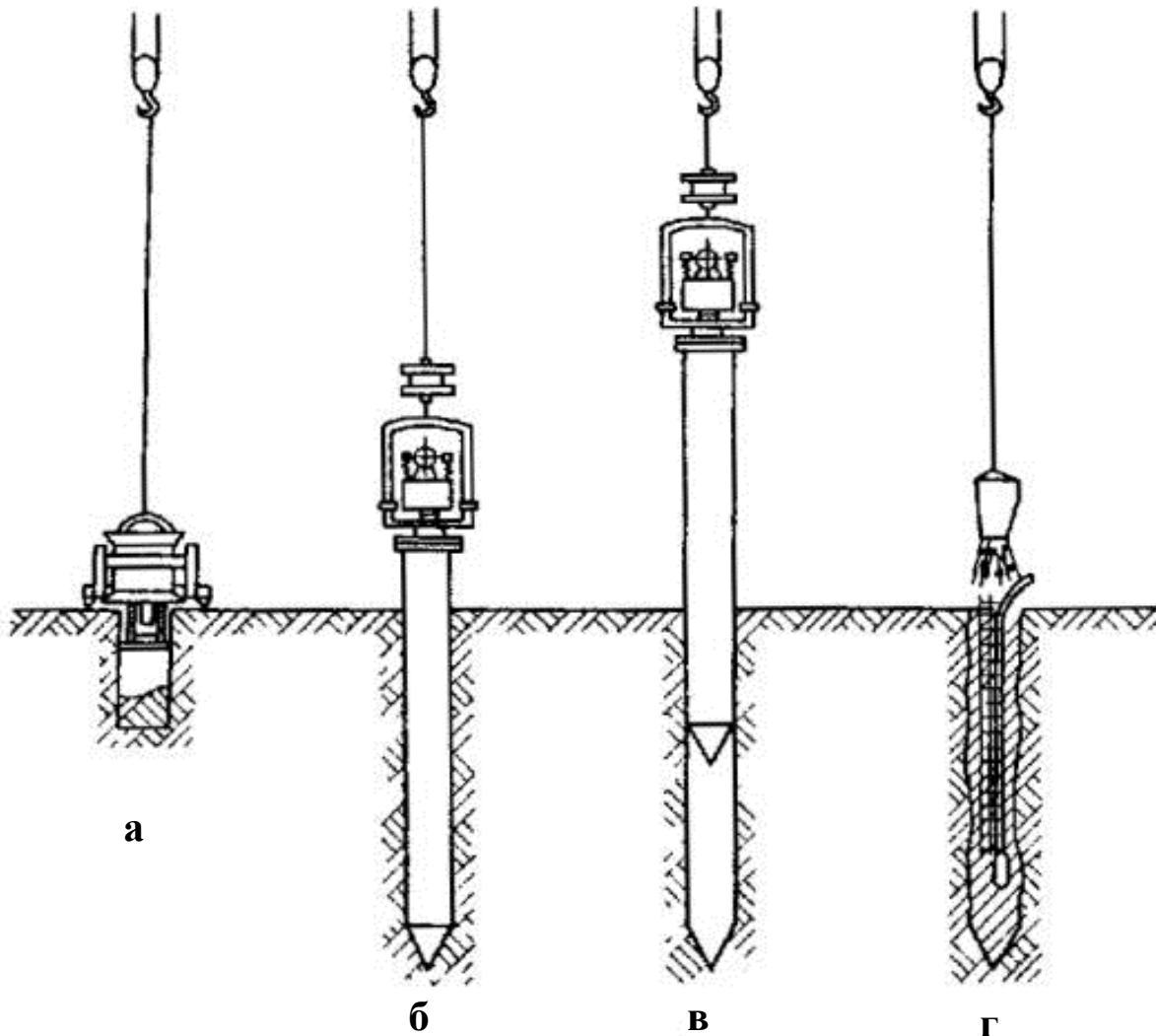


Рисунок 3.21 – Схема виготовлення набивних палей шляхом вібраційного проходження свердловини обсадною трубою: а – проходження на гирлі лідерної свердловини віброгрейфером; б – занурення обсадної труби, закритої знизу; в – витягування обсадної труби за допомогою вібраційної установки; г – бетонування палі

Основні недоліки – утворення воронки ґрунту навколо палі; сезонне здорожчання під час прогрівання бетону; під час формування палі в напірних водонасичених ґрунтах відбувається вимивання свіжоукладеного бетону й оголення арматурного каркаса; моніторинг за динамічним впливом на наявну забудову; обмежене використання в щільних пісках і ґрунтах із гальковими або валунними включеннями.

3.1.7 Улаштування набивних паль методом «з ущільненням (витісненням) ґрунту»

У разі застосування методу «з ущільненням (витісненням) ґрунту» угвинчується обсадна труба, оснащена еліпсоїдним шнеком-розкатником.

Під час занурення робочого органу ґрунт витісняється вбік і навколо свердловини утворюється ущільнена зона, розмір якої залежить від властивостей ґрунту, швидкості занурення, розмірів і конструкції робочого органу.

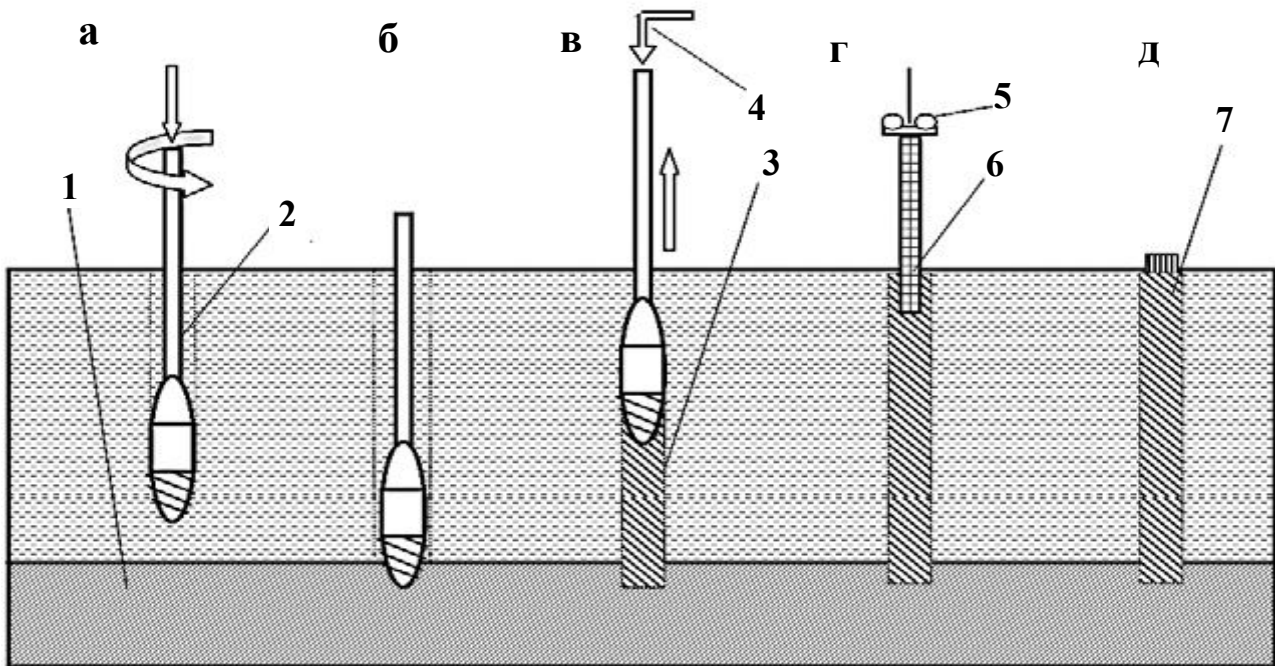


Рисунок 3.22 – Послідовність влаштування палі ущільнення:

- 1 – щільний ґрунт; 2 – обсадна труба; 3 – свердловина, що заповнюється бетоном;
4 – подавання бетону бетононасосом; 5 – вібратор, що підвішується на стрілу крана;
6 – арматурний каркас; 7 – паля в ґрунті

Улаштування паль методом «з ущільненням (витісненням) ґрунту» складається з таких операцій (див. рис. 3.22):

- геодезичне розмічування планового положення палі;
- наведення установки на точку влаштування палі;
- влаштування свердловини на проектну відмітку шляхом обертально-вдавлювального занурення бурового інструменту, що розсовує й ущільнює ґрунт (рис. 3.22, а, б);
- витягування труби з одночасним заповненням під тиском свердловини бетонною сумішшю через отвір у торці труби (див. рис. 3.22, в);
- установлення арматурного каркаса за допомогою вібратора на крані (див. рис. 3.22, г);
- переміщення установки на наступну точку влаштування палі;
- формування оголовка, занурення (у разі потреби) додаткового арматурного каркаса у верхню частину палі.

Основні переваги – велика продуктивність; висока несуча здатність по бічній поверхні – на 30 % вище за аналогічний показник інших методів; достатня якість у разі подавання бетону під тиском бетононасоса; відсутність витрат на вивезення ґрунту.

Основні недоліки – випирання ґрунту внаслідок значної продуктивності може призвести до деформування прилеглих фундаментів; сезонне здорожчання під час прогрівання бетону; за наявності в основі щільних ґрунтів із гальковими або валунними включеннями стовбур палі може відхилитися від проектного положення або зупинитися буріння з деформуванням башмака; за наявності слабких прошарків ґрунту можлива перевитрата бетону до 30...40 %.

3.2 Улаштування буроін'єкційних палей

У разі значного збільшення навантажень на старий фундамент, під час ремонту й реконструкції будівель виникає необхідність створення додаткового фундаменту у вигляді палей із діаметром 100...300 мм і більше. Довжина таких палей – до 20 м. Свердловини бурять через старий фундамент або поруч із ним, армують і заповнюють дрібнозернистою бетонною сумішшю, яка внаслідок введення комплексної добавки забезпечена високою пластичністю і водоутримувальною здатністю (див. рис. 3.23).

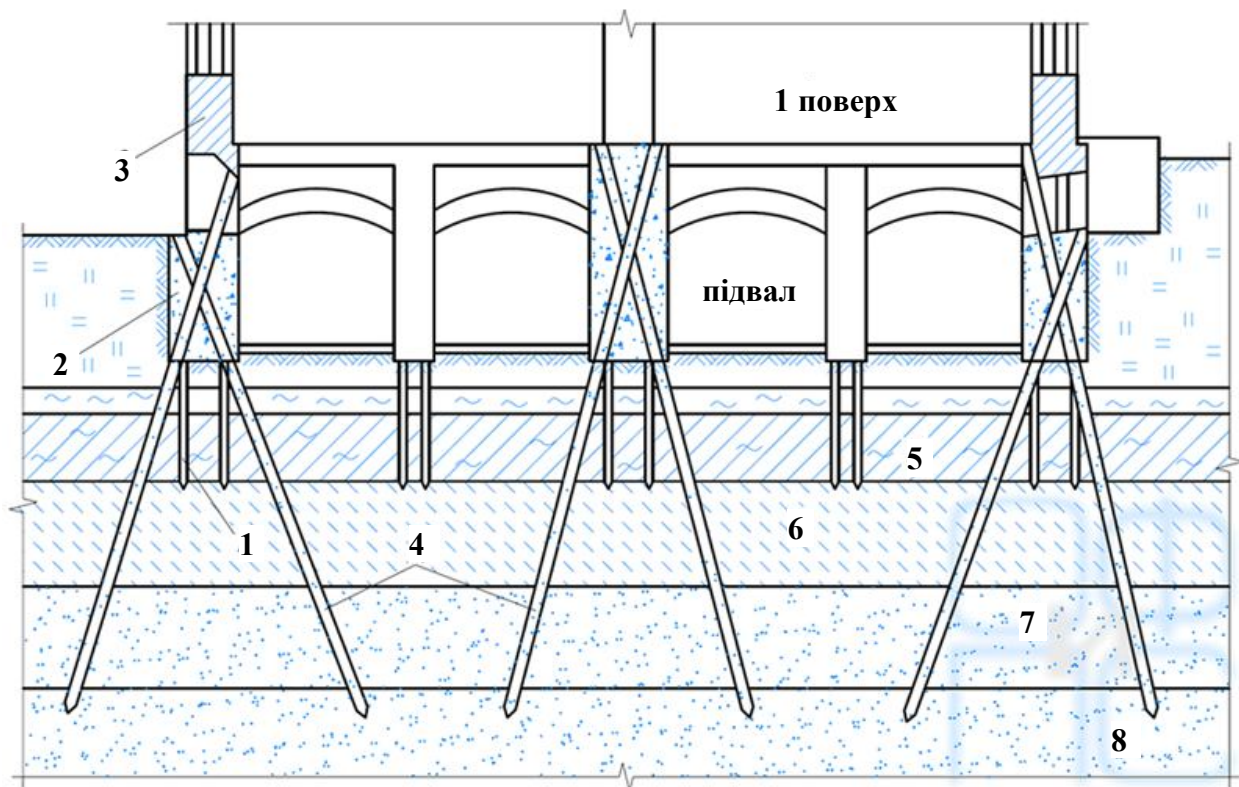


Рисунок 3.23 – Схема підсилення фундаментів будівлі буроін'єкційними паллями: 1 – старі палі; 2 – стіни підвалу; 3 – стіни будівлі; 4 – буроін'єкційні палі; 5 – торф і заторфовані суглинки; 6 – супісок пластичний; 7 – пісок середньої щільності; 8 – вапняки

Буроін'єкційні палі застосовуються під час будівництва нових споруд поряд з наявними, а також для посилення будівель, які перебувають в аварійному стані. У цих випадках інші види палей унаслідок вібрування, ударів і громіздкості устаткування виявляються неприйнятними.

Влаштування палей може виконуватися пересувними установками (див. рис. 3.24) або, якщо роботи виконують в умовах обмеженого простору, малогабаритними верстатами всередині приміщення чи в його підвальної частині безпосередньо через стіни й фундаменти будівель, що підсилюються.

Посилення підвалин і фундаментів буроін'єкційними палями включає розроблення таких варіантів передавання навантажень від споруди на знову влаштовуваний фундамент: безростверковий, ростверковий, підведення нового фундаменту під посиленій і комбінований.

У нормативних документах зазначені такі види буроін'єкційних палей:

– із діаметром 0,15...0,35 м, що влаштовуються в пробурених свердловинах шляхом нагнітання (ін'єкції) в них дрібнозернистої бетонної суміші, а також за допомогою порожнистого шнека;

– із діаметром 0,15...0,35 м, що виконуються з ущільненням навколишнього ґрунту шляхом оброблення свердловини за розрядно-імпульсного методу (серією розрядів імпульсів струму високої напруги (далі – РІС)).



Рисунок 3.24 – Пересувна установка для влаштування буроін'єкційних палей

У нормативних документах також визначені основні вимоги щодо влаштування паль.

Проходження свердловин для паль виконують за допомогою обертального буріння шнековим буром або шарошечними долотами. Під час проходження нестійких обводнених ґрунтів свердловини бурять під захистом глинястого (бентонітового) розчину або обсадних труб.

Після закінчення шарошечного буріння свердловини промивають від шламу свіжим глиняним розчином протягом 3...5 хв.

Щільність глинястого (бентонітового) розчину – 1,05...1,15 г/см³, для певних ґрунтових умов її уточнюють в лабораторії.

Відхилення від заданого кута буріння не повинно перевищувати $\pm 2^\circ$. Відхилення по довжині паль не повинні перевищувати ± 30 см проектних довжин.

Установлення арматурного каркаса повинно передувати ін'єкційним роботам, але за відповідного обґрунтування арматурний каркас дозволяється встановлювати у свердловину, вже заповнену ін'єкційним розчином (рис. 3.25). В останньому випадку час складання й монтажу арматурного каркаса повинен забезпечувати його установлення в проектне положення до початку зчеплення ін'єкційного розчину й становити не більше ніж 1 година.

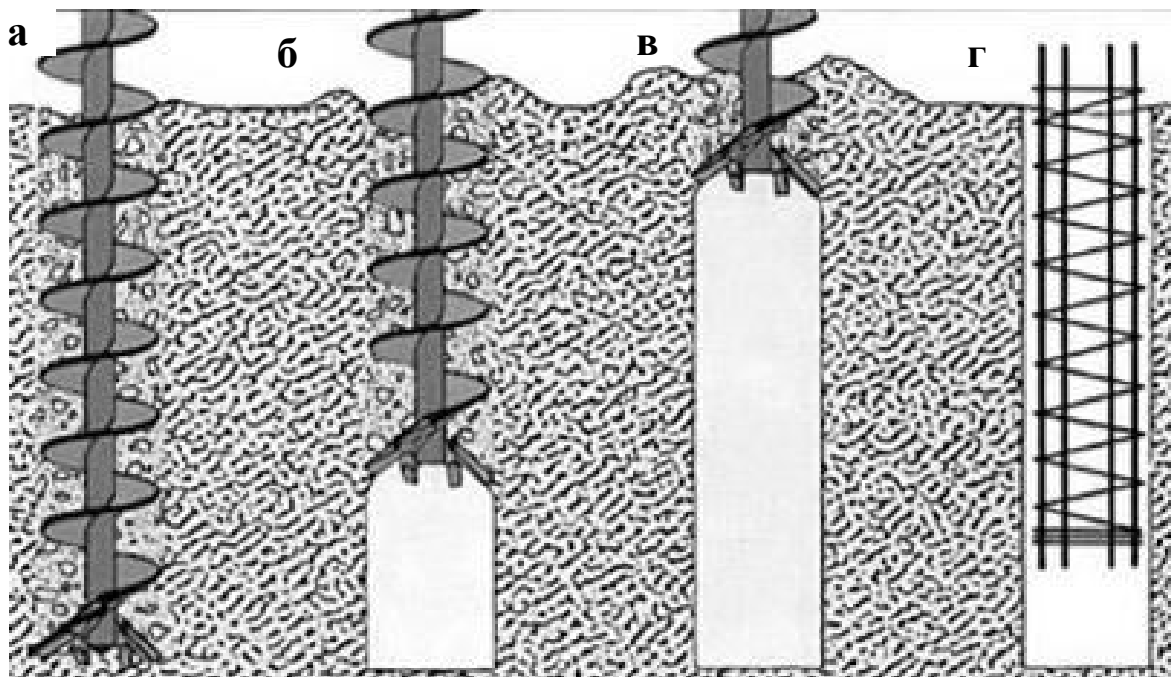


Рисунок 3.25 – Стадії формування пальі:

а – буріння; б – заповнення бетоном і піднімання шнека; в – завершення бетонування;
г – армування пальі

Установлення арматурного каркаса буріоін'єкційних паль у свердловину допускається проводити окремими секціями. Стикування арматурних стрижнів секцій здійснюють за допомогою ручного дугового зварювання.

Арматурний каркас повинен мати фіксувальні елементи для центрування його в свердловині й забезпечення необхідної товщини захисного шару. Секції каркаса перед установленням очищують від випадково налиплого на них ґрунту.

Свердловини палей заповнюють ін'єкційним розчином – дрібнозернистою бетонною сумішшю (цементно-піщаним розчином). Ін'єкційний розчин повинен бути однорідним і не розшаровуватися під час ін'єктування, марка розчину за легкоукладуваністю повинна становити П4 (18...20 см за стандартним конусом). За сталих умов дозрівання міцність під час випробування кубиків зі стороною 7 см повинна становити не менше ніж 15 МПа в 7-денному віці й 30 МПа – у 28-денному (рис. 3.26).

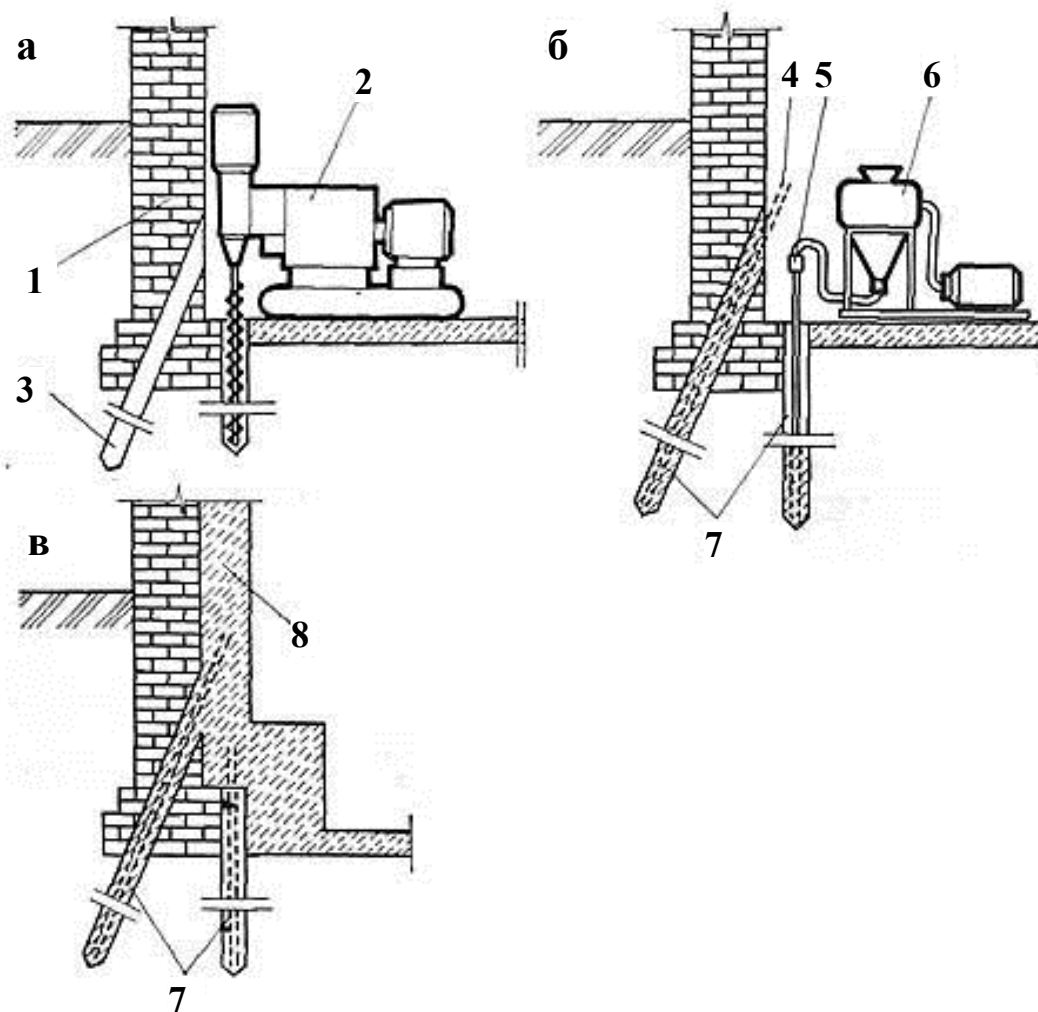


Рисунок 3.26 – Схема підсилення фундаментів бурін'єкційними паями: а – буріння свердловин; б – установлення арматури і ін'єктування дрібнозернистої бетонної суміші; в – улаштування залізобетонного ростверку; 1 – стіна будівлі; 2 – буровий верстат; 3 – свердловина; 4 – випускання арматури для сполучення палі з ростверком; 5 – ін'єктор; 6 – пневматична ін'єкційна установка; 7 – бурін'єкційні пая; 8 – залізобетонний ростверк

Приготовляють ін'єкційний розчин безпосередньо на будівельному майданчику перед його нагнітанням у свердловину. Для приготування розчину ви-

користуються швидкісні змішувачі з частотою обертання не менше ніж 200 об/хв. Тривалість перемішування складників розчину повинна становити не менше ніж 60 секунд.

Використовувати приготовлений ін'єкційний розчин необхідно протягом двох годин після його виготовлення. Один раз на добу відбирають зразки ін'єкційного розчину для контролю його міцності після 28-денного затвердіння в умовах, аналогічних до умов виготовлення палів.

Свердловину заповнюють ін'єкційним розчином або безпосередньо через буровий стовбур, або через трубу-ін'єктор. У будь-якому разі заповнення здійснюють в забої свердловини від низу до верху, до повного витіснення бурового розчину й появи в гирлі свердловини чистого ін'єкційного розчину.

Увесь процес ін'єктування розчину до повного заповнення свердловини відбувається у разі розташування нижнього кінця ін'єкційної труби на відстані не більше ніж 0,5 м від вибою свердловини (в початковий момент ін'єктування нижній кінець ін'єкційної труби розташовується безпосередньо на забої свердловини). Діаметр ін'єкційних труб повинен становити не менше ніж 40 мм.

Під час влаштування палів (крім палів РІС) після заповнення свердловини тверднучим розчином і встановлення арматурного каркаса в проектне положення палі опресовують. Для опресування у верхній частині труби-кондуктора установлюють тампон (обтюратор) з манометром і через ін'єктор нагнітають розчин під тиском 0,2...0,3 МПа протягом 1...3 хв.

Улаштування палів РІС за розрядно-імпульсним методом роблять не менш ніж 5...7 електричними розрядами з кроком 200...300 мм по її довжині й не менше ніж 15 розрядами в забої свердловини у разі енергії кожного розряду 30...40 кДж.

Для цього у свердловину після її заповнення дрібнозернистою бетонною сумішшю опускають спеціальний розрядник. У процесі занурення розрядника на його електроди періодично подають високу напругу, що забезпечує виникнення електричного розряду необхідної потужності, який спричиняє ущільнення ґрунту в стінках свердловини і в її забої.

Витрата ін'єкційного розчину на одну опресовувану буро-ін'єкційну палю повинна становити не менше ніж 1,25 і не більше ніж 2,5 об'єму свердловини. У разі витікання ін'єкційного розчину зі свердловини буро-ін'єкційної палі (що унеможливорює підняття тиску опресування до проектного значення) потрібно припинити його ін'єктування під час подавання розчину в обсязі, що дорівнює 2,5 об'єму свердловини, а потім повторно здійснити опресування через (12 ± 1) год.

Витрата ін'єкційного розчину під час влаштування палів РІС повинна відповідати встановленій у проекті.

Посилення підвалин і фундаментів буроін'єкційними пальями включає два етапи: укріплювальна цементация мурування наявних фундаментів і контакту фундамент – ґрунт; власне влаштування паль.

Проходження свердловин для паль здійснюють шляхом обертального буріння в тілі фундаменту тришарошечними долотами, а в ґрунтах – шнековим буром або шарошечними долотами. Приклад комбінованого долота з ін'єктором подано на рисунку 3.27.

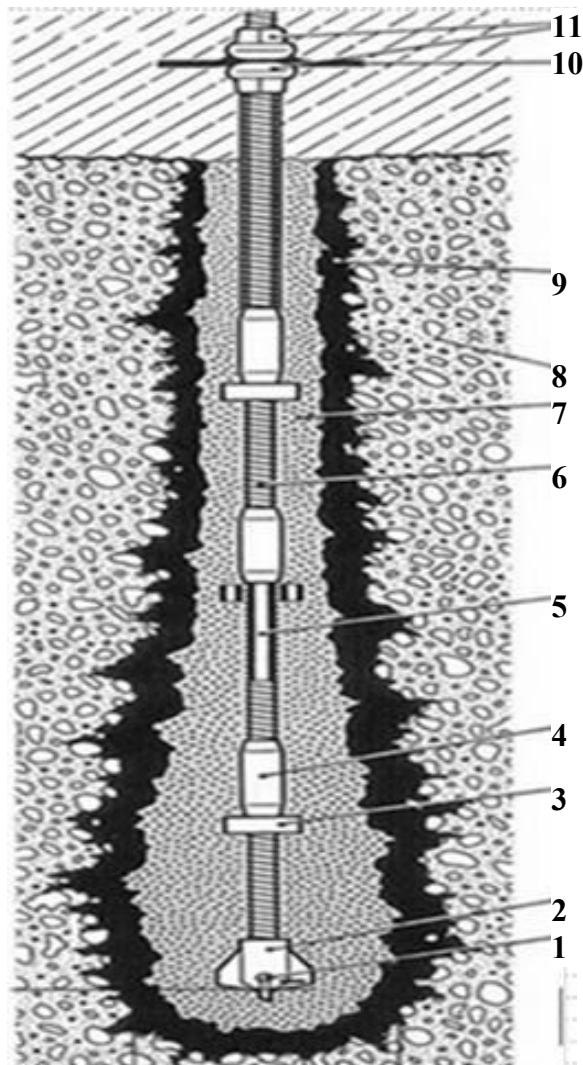


Рисунок 3.27 – Долото з ін'єктором:

- 1 – сопло; 2 – бурове долото; 3 – центратор; 4 – муфта; 5 – центральний канал; 6 – труба з різьбовою поверхнею; 7 – вторинне нагнітання цементного розчину; 8 – незв'язаний ґрунт; 9 – первинна ін'єкція під час буріння свердловини із застосуванням цементного розчину; 10 – пластина; 11 – кульова гайка

Буріння в трубі-кондукторі проводять з продуванням стисненим повітрям. Після закінчення розбурювання цементного каменю в трубі-кондукторі подальше буріння свердловин в піщаних та інших нестійких ґрунтах проводять до проектної позначки під захистом бентонітового розчину або порожнистим шнеком без виймання ґрунту.

3.3 Залізобетонні палі-оболонки

Наявна бурова техніка дає змогу споруджувати буронабивні палі в обсадних трубах із діаметром 600...2 000 мм до 80 м завглибшки. Переваги буронабивних пальь відомі, як і їхні недоліки: труднощі в складних інженерно-геологічних умовах забезпечення суцільності й рівномірної міцності бетонного стовбура пальь по висоті, імовірність відбирання з пробурюваних свердловин надлишкового обсягу ґрунту тощо.

Тим часом вітчизняна наука й практика має в своєму розпорядженні результати багаторічних досліджень і розробок у сфері конструктивно-технологічних рішень і багатий досвід спорудження глибоких опор з готових залізобетонних пальь-оболонки діаметром 1 200, 1 600 мм, що занурюються в ґрунт вібраційним методом. Залізобетонні палі-оболонки завдяки вигідному кільцевому перетину, гарантованій виготовленню в заводських умовах міцності бетону вирізняються високою несучою здатністю як за матеріалом, так і за ґрунтом підвалин на вертикальні й горизонтальні навантаження.

Опори цього типу можуть конкурувати з буронабивними палями як за несучою здатністю, так і за економічними показниками.

Залізобетонні палі-оболонки із зовнішнім діаметром 1 600 мм мають товщину стінок 120 мм, довжину секцій 12 м у разі маси 16,8 т. Максимальна довжина складників пальь-оболонки – 48 м у разі маси 67,2 т, секції в процесі занурення в ґрунт з'єднують на болтах або зварюванням.

Різні способи влаштування опор глибокого закладання із залізобетонних пальь-оболонки показані на рисунку 3.28.

Занурення палі-оболонки без виймання ґрунту з внутрішньої порожнини та з утворенням у ній ґрунтового осереддя (див. рис. 3.28, а) може застосовуватися за однорідної, відносно слабкої товщини ґрунтів. Такий варіант вирішення завдання забезпечує збереження природного стану навколишнього масиву ґрунту й гарантує стійкість розташованих поблизу фундаментів будівель і споруд.

Палі-оболонка (див. рис. 3.28, б), занурювана в різнорідну за щільністю товщу з одночасним паралельним або випереджувальним витяганням ґрунту з внутрішньої порожнини, передбачає одну з таких операцій: часткове бетонування внутрішньої порожнини (див. рис. 3.28, в); утворення шляхом вібротрамбування бетонної суміші п'яти розширеного контуру (див. рис. 3.28, г), а також (у разі необхідності) повне бетонування стовбура, зокрема з його попереднім армуванням (див. рис. 3.28, д).

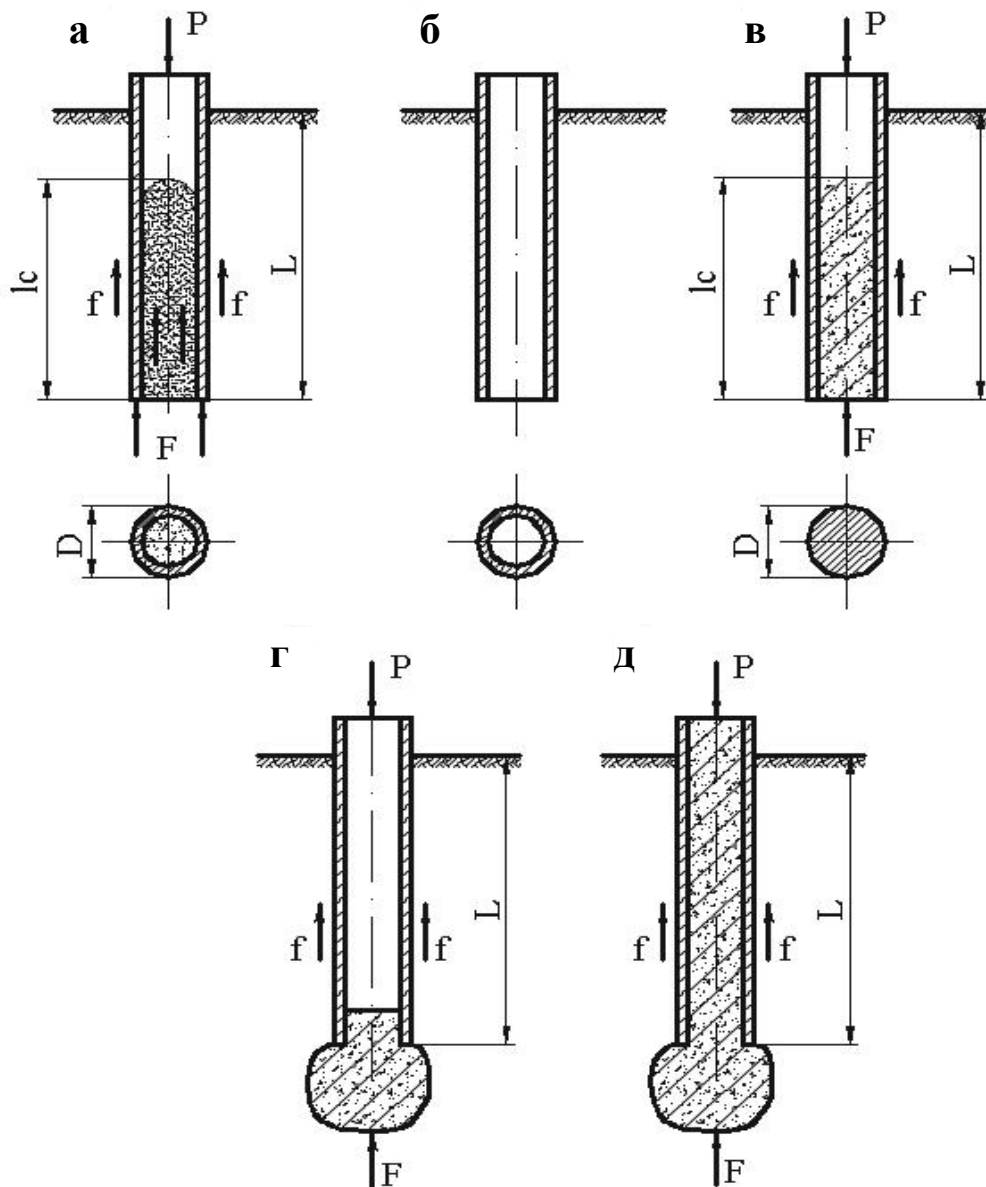


Рисунок 3.29 – Способи влаштування опор глибокого закладання із залізобетонних паль-оболонки: P – вертикальне навантаження; F – сила лобового опору; f – сила бічного тертя; D – зовнішній діаметр паль-оболонки; L – довжина паль-оболонки, затиснена в ґрунті; l_c – довжина ґрунтового або бетонного осердя

Реалізувати вібраційний метод влаштування опор глибокого закладання на залізобетонних палях-оболонках можна шляхом застосування комплексу вібромашин, що включають: віброзанурювач з центральним прохідним отвором діаметром 1 360 мм (частота коливань вібратора – 8,3 Гц, потужність двох приводних електродвигунів – 150 кВт); віброгрейфер з ґрунтозабірниками діаметром 820 або 1 020 мм (частота коливань віброзбудника – 13 Гц, потужність приводного електродвигуна – 30 кВт); віброзанурювач для занурення шпунта (частота коливань – 23,8 або 33 Гц, потужність приводного електродвигуна – 55 кВт); вібратор для ущільнення бетонної суміші (частота коливань – 96 Гц, потужність приводного електродвигуна – 1,1 кВт).

Основні етапи виконання робіт щодо влаштування опор включають певні фрагменти. Для забезпечення в процесі занурення вертикальності паль-оболонки і точного їх розташування в плані спочатку влаштовують напрямний кондуктор. Усі елементи кондуктора можна виготовити шляхом зварювання з шпунта типу Ларсен, до того ж вертикальні шпунтові стояки потрібно занурювати на глибину 4...5 м віброзанурювачем В-402 (рис. 3.29).

Потім на підготовлену до занурення ножову секцію палі-оболонки кріплять віброзанурювач, під час ввімкнення якого секцію занурюють до позначки верхнього пояса напрямного кондуктора, після цього віброзанурювач від'єднують від палі-оболонки й віброгрейфером витягують ґрунт з її внутрішньої порожнини. Далі палю-оболонку нарощують, і, діючи за поданою вище схемою, занурюють палю-оболонку до проектної позначки.



Рисунок 3.29 – Віброзанурювач бетонних паль

Після виймання ґрунту із зануреної палі-оболонки в її порожнині монтують бетонолитну трубу з діаметром 300 мм, у нижній частині якої попередньо кріплять один або два (у разі глибин понад 20 м) вібратори. Порожнину палі-оболонки під час вібрування труби заповнюють способом ТВП бетонною сумішшю з осіданням конуса 4...6 см. У певних випадках під нижнім торцем палі оболонки утворюють бетонну п'яту розширеного контуру, а в порожнині палі оболонки перед її бетонуванням встановлюють арматурний каркас.

Застосування вібраційного методу під час влаштування фундаментів глибокого закладання на готових залізобетонних палях-оболонках забезпечує продуктивне ведення робіт, належну якість і високу несучу здатність опор.

Беручи до уваги те, що висотні будівлі раціонально будувати на деякій відстані від наявної забудови, використання ефективного вібраційного методу для виконання всіх розглянутих вище технологічних операцій за відповідного геотехнічного контролю варто вважати безпечним з погляду негативного впливу вібраційних впливів на ґрунт підстави.

3.4 Траншейні палі–барети

У зарубіжній практиці будівництва для влаштування опор глибокого закладання, підвищення несучої здатності використовуються палі-барети, що становлять траншейні палі з прямокутним перетином різних форм, виконувані за елементами методу «стіна в ґрунті» (див. рис. 3.30) .



Рисунок 3.30 – Палі-барети

Для влаштування траншейних палей понад 50 м завглибшки різними обрисами в плані використовують грейферні установки (див. рис. 3.31) і машини фрезерного типу на тросах або телескопічних штангах, що встановлюються на гусеничних кранах чи бурових установках. До того ж під час проходження значних товщ слабких ґрунтів, щоб запобігти вилученню на поверхню понад-розрахункового обсягу ґрунту, рекомендується застосовувати грейферні ковші.

Підготувальні роботи включають так операції:

– доставлення на будівельний майданчик необхідного обладнання та матеріалів;

- монтування обладнання для приготування та регенерації глинястої суспензії;
- обладнання арматурної ділянки;
- улаштування форшахти.



Рисунок 3.31 – Грейферна установка

Палі в плані 0,5...1,5 м завширшки і 1,80...3,5 м завдовжки (в окремих випадках до 7,0 м), що влаштовують на глибину до 80 м, здатні нести значні вертикальні навантаження (до 3 500 т) і згинальні моменти. Щоб утримати від обвалення вертикальні стінки траншеї, утворені в ґрунті під час проведення робіт, застосовують глинясту суспензію, що зазвичай готується з порошкових або комових бентонітових глин.

Форшахту влаштовують для укріплення гирла траншейної виробітки від обвалювання ґрунту в напрямі руху грейфера і для тимчасового закріплення арматурних каркасів під час виконання стикування (рис. 3.32). Внутрішня відстань між стінками форшахти приймається на 10...15 см більшою за ширину траншеї. У безпосередній близькості від форшахти влаштовується ємність (зумпф) обсягом не менше ніж 16 м³ для підтримання необхідного рівня глинястого розчину в порожнині траншейної палі.

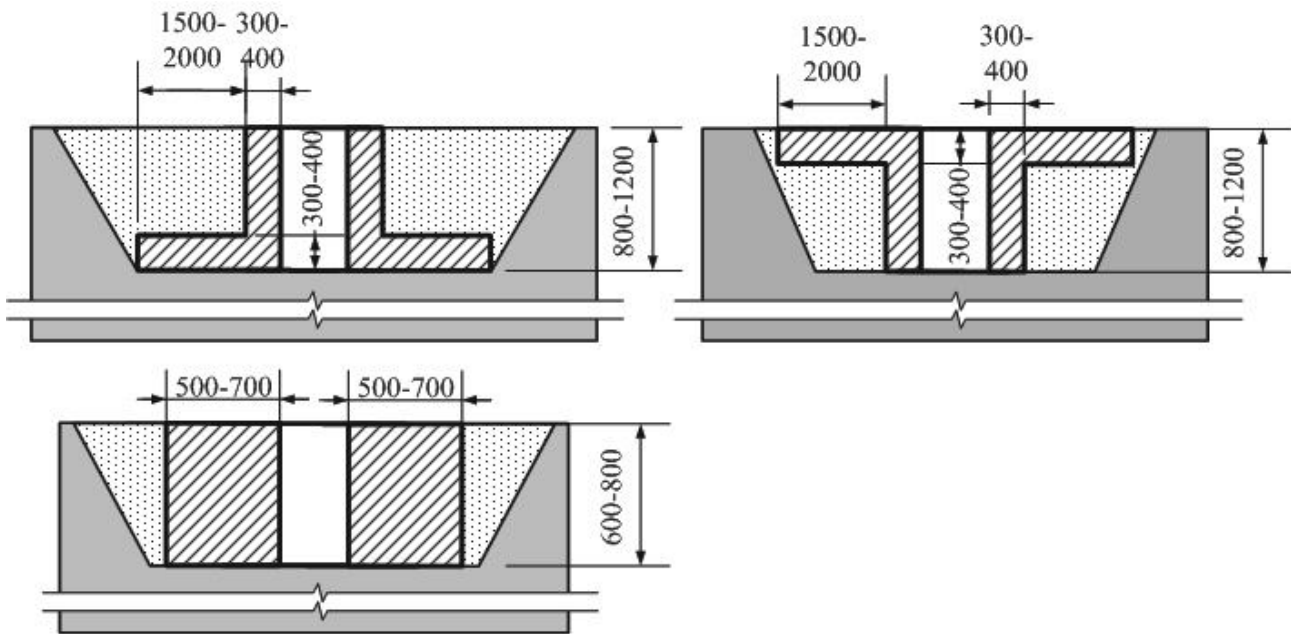


Рисунок 3.32 – Схема конструкції монолітної або збірної форшахти

Метод влаштування паль складається з таких операцій:

- випробування й запуск обладнання для приготування, подавання, очищення й регенерації глинястого розчину, обсяг приготування якого повинен забезпечувати добову потребу за умови підтримання його рівня не нижче 0,5...0,7 м від верхнього рівня форшахти. Подавання й відкачування розчину здійснюють за допомогою системи насосів, оснащених швидкокороз'ємними муфтами, засувками, фланцями;

- розроблення траншейної палі до проектної позначки грейфером із його періодичним витягуванням на поверхню для очищення від ґрунту. У процесі робіт проводять навантаження й вивезення вилученого ґрунту від місця розроблення, видалення або регенерації відпрацьованого глинястого розчину. Якщо під час проходження траншеї виявлено включення валунів, грейфер замінюють на важке долото, яким пробивають тверде включення або витісняють його в стінки траншеї. Глибину палі перевіряють за допомогою спускного тарованого троса;

- за допомогою крана армокаркаси опускають у траншею. Проектне положення каркаса по висоті, а також під час стикування, забезпечують підвішуванням його на спеціальних елементах із арматурних стрижнів або прокату, що спираються на верхній торець форшахти. Перед зануренням армокаркаса його необхідно очистити й видалити з арматури іржу та масло, для забезпечення зчеплення з бетоном змочити водою. Щоб створити необхідний захисний шар, каркас обладнаний спеціальними металевими напрямними смугами 30...50 мм завширшки і 5 мм завтовшки, розташовані по обидва боки каркаса через 3...4 м по висоті й через 2...3 м по горизонталі;

– траншею, заповнену глиняним розчином, бетонують за методом вертикально переміщеної труби (далі – ВПТ). У комплект обладнання для бетонування входять такі пристосування: металеві бетонолитні труби з ланками 1...6 м завдовжки для подавання бетонної суміші в траншею; приймальний бункер, що монтується на торці труби; полімерний пиж – пробка для ізолювання бетонної суміші від глинястого розчину під час первинного занурення труби; пристрій для фіксування й підймання труби; риштування для розміщення обладнання й людей (див. рис. 3.33).

У місцях установлення бетонолитних труб в армокаркасі необхідно передбачити отвори з напрямними, що забезпечуватиме опускання й підймання бетонолитних труб без зачеплення фланців за арматуру.

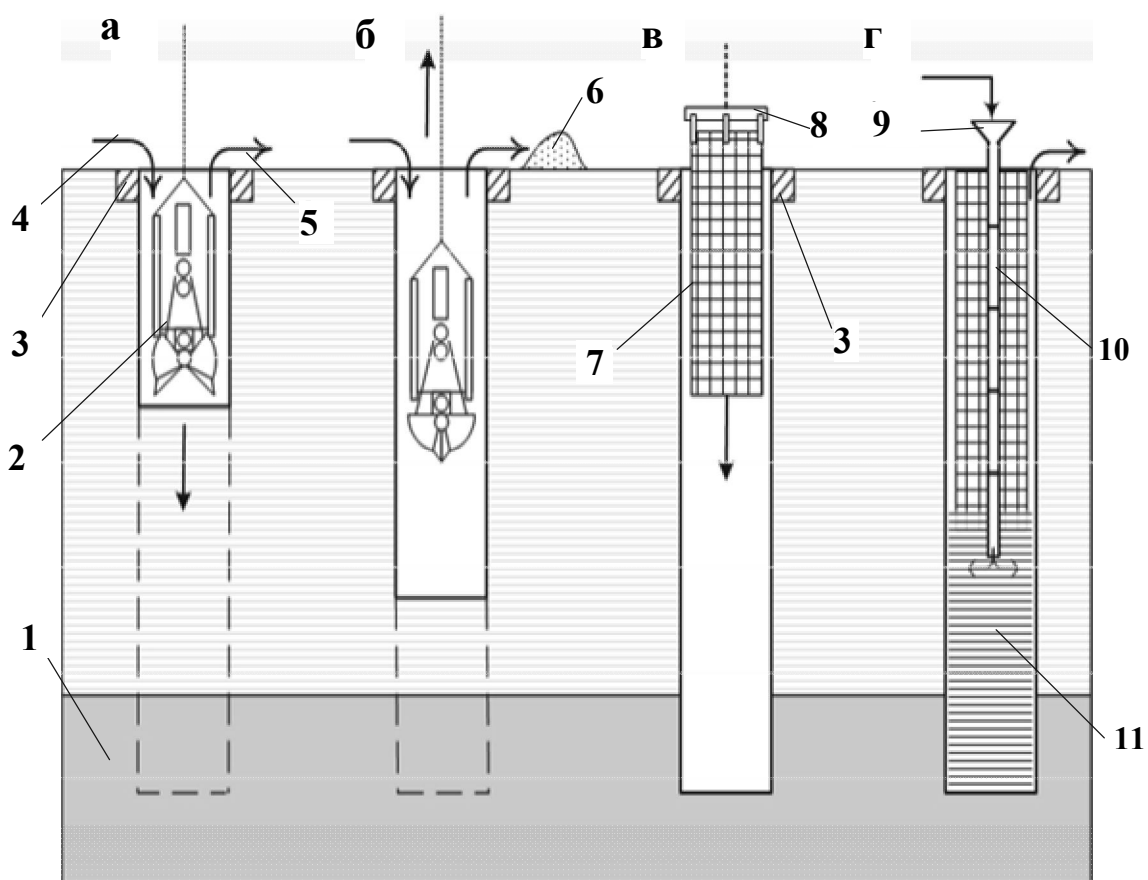


Рисунок 3.33 – Схема влаштування траншейних паль:

а – занурення грейфера в траншею під захистом глинястого розчину; б – витягування грейфера з ґрунтом; в – занурення арматурного каркаса; г – бетонування стовбура палі;

1 – щільні ґрунти; 2 – грейфер; 3 – форшахти; 4, 5 – циркуляція глинястого розчину; 6 – виймний ґрунт; 7 – арматурний каркас; 8 – траверса на крані; 9 – приймальний бункер для бетонної суміші; 10 – секції бетонолитної труби; 11 – бетон, що заповнює траншейну палю в ґрунті

Бетонолитну трубу перед бетонуванням потрібно встановлювати так, щоб її нижній кінець був розташований вище забою на 6...10 см (початкове положення). Бетонну суміш подають в бетонолитну трубу з лотка автобетонозмішувача або бетононасосом.

Щоб випустити пиж-пробку, заповнену бетонною сумішшю трубу необхідно підняти на 20...30 см і знову забезпечити безперервне подавання бетонної суміші. Пробку, що виштовхує розміщують в трубі з бентонітовим розчином, який перешкоджає розшаруванню й перемішуванню бетону.

Щоб продовжити бетонування, потрібно забезпечити постійне подавання суміші в бункер під час періодичного підняття й осадження бетонолитної труби. Витіснюваний бетонною сумішшю бентонітовий розчин відкачують з палі для подальшого очищення. Під час вилучення бетонолитної труби на довжину секції з бункером її кріплять на рамі, яку встановлюють на форшахти, потім демонтують і переставляють бункер на звільнений торець труби.

Нижній торець бетонолитної труби необхідно заглибити в бетон не менше ніж на 2 м, але не більше ніж на 6 м. Рівень укладеного бетону в захватці контролюють за допомогою тарованого троса, який опускають в траншею. Бетонування варто проводити до рівня, що перевищує проектний на 50 см, із подальшим видаленням шламу й верхнього шару бетону, забрудненого бентонітовим розчином, до проектної позначки.

Щоб забезпечити надійність роботи під час розроблення траншеї, глинястий розчин повинен мати технологічні параметри, що забезпечують стійкість стінок траншеї під час розроблення, бетонування, занурення арматурного каркаса, а також виносу шламу з траншеї. Для глинястих суспензій застосовують бентонітові або місцеві глини, число пластичності яких становить не менше ніж 0,2 і які містять частинки розміром більше ніж 0,5 мм – не більше 10 % і частинки дрібніше ніж 0,005 – не менше 30 %.

Параметри суспензій визначають проектом, з урахуванням інженерно-геологічних умов майданчика і таких показників:

- в'язкість, що визначає рухливість розчину, – 18...30 с;
- добовий відстій (водовідділення) й стабільність, що характеризує стійкість розчину до розшарування: водовідділення не більше ніж 4 %, стабільність – не більше ніж 0,02 г/см³;
- уміст піску, що визначає ступінь забрудненості суспензії, – до 4 %;
- щільність – 1,03...1,06 г/см³ під час використання бентонітових і 1,15...1,3 г/см³ – для місцевих глин.

Приготування глинястих розчинів і їх очищення виконують на технологічному комплексі, що включає вузол приготування глинястого розчину, ємності для зберігання приготованого глинястого розчину, вузол перекачування глинястого розчину, ємності-відстійники для розчину, що використовувався, склади для зберігання глини й хімічних реагентів, вузол механічного очищення глинястого розчину на віброситах (див. рис. 3.34).

Глинястий розчин готують у змішувальній установці з продуктивністю 15 м³/год.

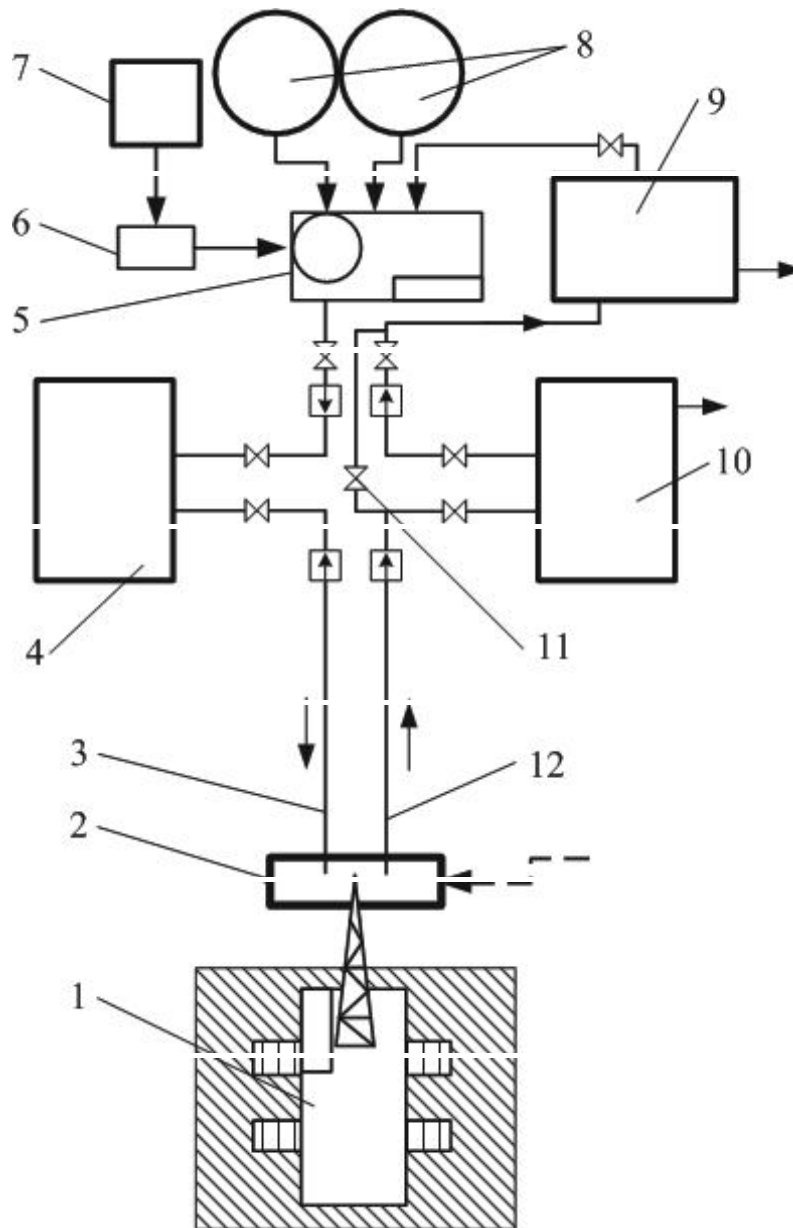


Рисунок 3.34 – Схема організації ділянки щодо приготування й очищення глинястого розчину: 1 – гусеничний кран з грейфером; 2 – гирло траншейної печі; 3 – трубопровід, що подає глинястий розчин у траншею; 4 – ємність для зберігання розчину; 5 – глиномішалка; 6 – мішалка для хімічних реактивів; 7 – ємність для зберігання хімічних реактивів; 8 – силоси для зберігання глинястого порошку; 9 – вібросита або гідроциклонна установка вузла очищення розчину; 10 – ємність-відстійник; 11 – вузол перекачування; 12 – трубопровід, що відводить забруднений глинястий розчин для очищення

Приготування глинястого розчину з глинопорошків у механічних мішалках і змішувачах варто проводити в такій послідовності:

– заповнення змішувача водою з розрахунку 0,75 обсягу готового глинястого розчину і, за необхідності, – хімічними реагентами, розчиненими у воді;

– завантаження змішувача розрахунковою кількістю глинопорошків частинами під час короткочасного перемішування; доливання води до повного об'єму готового глинястого розчину; перемішування глинястого розчину протягом 20...30 хв; зливання приготованого глинястого розчину в ємність.

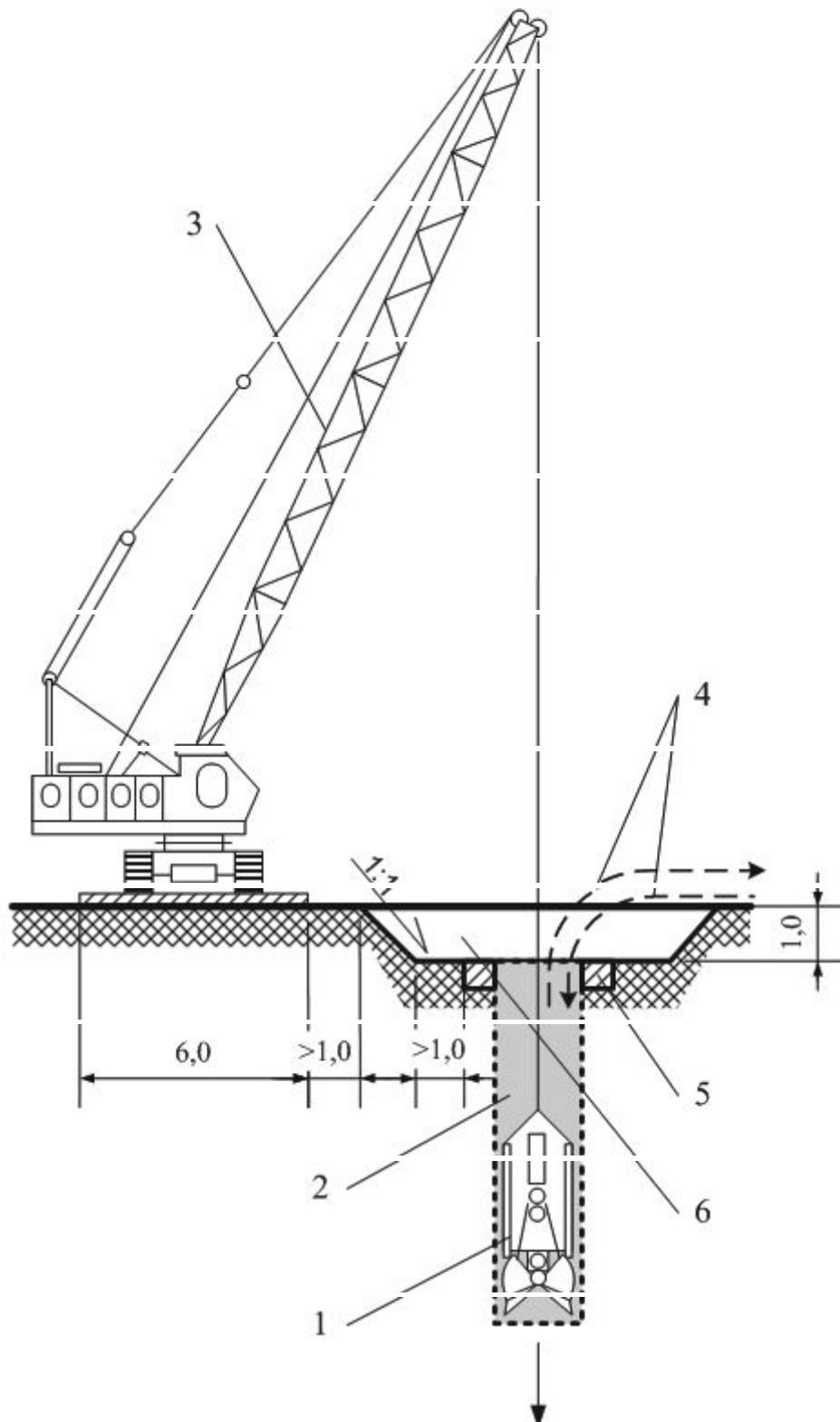


Рисунок 3.35 – Схема роботи крана під час проходження траншеї щелепним грейфером:
 1 – грейфер; 2 – стовбур траншейної палі; 3 – стріловий самохідний кран на гусеничному ході; 4 – трубопровід, що подає й відводить глинястий розчин; 5 – форшахти;
 6 – виїмка в ґрунті, що влаштовується по осі палі

Приготування глинястого розчину з грудок глини в глиномішалці й змішувачах необхідно проводити в тій самій послідовності, із кінцевим перемішуванням розчину протягом 40...50 хв.

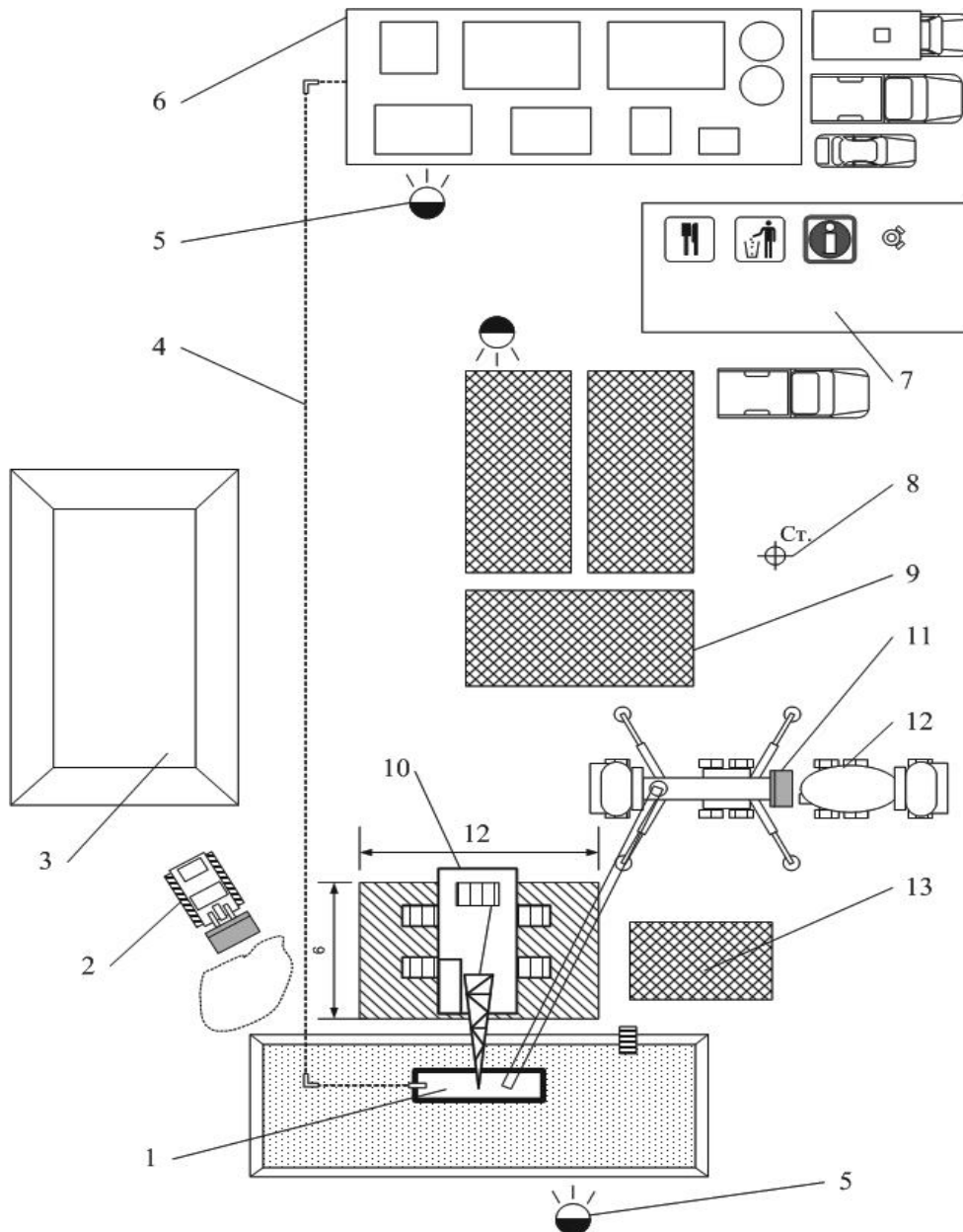


Рисунок 3.36 – План-схема організації виконання робіт:

- 1 – гирло траншейної палі; 2 – екскаватор; 3 – тимчасове складування ґрунту, який витягують з траншеї; 4 – трубопровід, що подає й відводить зашламований глинястий розчин; 5 – прожекторні щогли; 6 – ділянка приготування й очищення глинястого розчину;
- 7 – побутовий майданчик; 8 – робоча стоянка крана; 9 – арматурна ділянка;
- 10 – стріловий самохідний кран на гусеничному ході з грейфером; 11 – бетононасос;
- 12 – автобетоновіз; 13 – майданчик складування матеріалів і обладнання

Після перемішування розчин перекачують грязьовими або відцентровими насосами в накопичувальні ємності, які забезпечують добовий запас потреби, що гарантує безперебійну роботу щодо розроблення траншейної виїмки.

Трубопроводи для перекачування глинястого розчину виготовляють із труб діаметром 100...150 мм із секціями 2...5 м завдовжки, які з'єднують між собою, із насосами, засувками, вентилями й штуцерами, фланцевими або швидкороз'єднуваними складниками.

На кінцях гнучких трубопроводів, що опускаються в траншею для відкачування розчину, повинні бути встановлені сітчасті фільтри з розміром осереддя сітки до 15 мм. Періодично (не менше одного разу за зміну) потрібно проводити контроль параметрів глинястого розчину в траншеї (під час розроблення ґрунту, перед установленням арматурних каркасів, збірних елементів і бетонуванням, після перерви в роботі понад одну добу) шляхом відбору й дослідження проб.

Після закінчення розроблення ґрунту забруднену шламом суспензію відкачують із траншеї і подають на вузол механічного очищення. Відкачування забрудненого глинястого розчину продовжують доти, доки вміст піску в пробі не знизиться до 4 %.

План-схема організації робіт, ділянки щодо приготування й очищення глинястого розчину показані на рисунках 3.35, 3.36.

Контрольні питання:

1. Які методи влаштування буронабивних паль зазначені в нормативних документах?
2. На які види розподіляють бурові палі за способом їх улаштування?
3. Які інструменти застосовують як буровий інструмент?
4. Що відбувається під час віброзанурення у водонасичених пісках у зоні контакту труби з ґрунтом?
5. Чим потрібно закрити інвентарну обсадну трубу, застосовувану для виготовлення паль?
6. У яких випадках застосовують буроін'єкційні палі?
7. Якими секціями допускається установлювати арматурний каркас буроін'єкційних паль у свердловину?
8. Яку товщину стінок мають залізобетонні палі-оболонки із зовнішнім діаметром 1 600 мм?
9. Які необхідно передбачити отвори в місцях установлення бетонолитних труб в армокаркасі?

Термінологічний словник

Бентоніт – глина, що має властивість розбухати під час гідратації в 14...16 разів із утворенням щільного гелю, який перешкоджає потраплянню вологи; використовується для приготування бурових розчинів.

Бетонолитна труба – застосовують для подавання бетону на забій свердловини під час влаштування буронабивних паль.

Бурова труба – металева труба, що з'єднує буровий інструмент з обертачем бурової установки. Порожнина труби використовується для циркуляції промивної рідини або подавання бетону.

Випір ґрунту – підіймання поверхні дна котловану, який підстеляється глинястим ґрунтом пластичної консистенції, під час забивання та вдавлювання заводських паль або влаштування набивних паль укрупчуванням чи вдавлюванням бурових труб.

Глинястий розчин – багатокомпонентна дисперсна система суспензії, що застосовується для промивання свердловин під час буріння, очищення забою й транспортування вибуреної породи зі свердловини, а також охолодження бурового інструменту.

Застава – серія ударів (понад три) молотом по палі, під час якої визначається відмова.

Келлі-штанга – телескопічна провідна штанга, використовується під час влаштування бурових паль під захистом обсадних труб для передавання крутного моменту й тиску від обертача на буровий інструмент.

Копер – автономна машина, призначена для підіймання, установлення палі на точку занурення, коригування, занурення палі в ґрунт за допомогою занурювача.

Колонковий бур – циліндричний буровий інструмент з кільцевою коронкою, армованою твердосплавними різцями, для розбурювання скельного ґрунту й масивів наявних фундаментів.

Лідерне буріння – буріння, яке виконують до початку занурення заводських паль для вирішення таких завдань: під час виконання робіт у прошарках щільних ґрунтів, для запобігання випору ґрунту, для зменшення рівня динамічного впливу на навколишню забудову. Діаметр бурового інструменту повинен бути на 5 см менше діагоналі поперечного перерізу занурюваної палі, глибина буріння – не більше ніж 0,9 довжини паль.

Молот палейний – машина, яка застосовується для занурення готових паль в ґрунт ударами.

Молот механічний – ударна частина молота у вигляді металевої болванки (виливки); піднімається сталевим канатом за допомогою лебідки по напрямній копра й вільно скидається на голову палі.

Молот дизельний – ударна частина, переміщувана вгору внаслідок розширення газів, що виникають від згорання паливно-повітряної суміші, до того ж корисну роботу здійснюють молотом під час вільного падіння ударної частини.

Молот гідравлічний – ударна частина, переміщувана під дією тиску в гідравлічній системі, до того ж в молотах подвійної дії рух ударної частини вниз відбувається внаслідок як сили тяжіння, так і тиску масла в системі.

Обсадна труба – сталева труба, призначена для укріплення стінок свердловини в процесі влаштування бурових палей.

Відмова – глибина занурення палі внаслідок одного удару, визначається за заставою.

Відмова розрахункова – розраховується за формулою Герсеванова й побічно характеризує несучу здатність палі по ґрунту, тобто є динамічним еквівалентом граничного статичного навантаження на палю.

Відмова критична – відмова, під час якої припиняється занурення палі через прошарки (включення) щільного ґрунту або недостатню масу молота. Має дорівнювати 3 мм, подальше занурення палі після досягнення критичної відмови може призвести до руйнування тіла палі.

Підводне бетонування методом вертикально переміщуваної бетонолитної труби (далі – ВПТ) – бетонна суміш, подається самопливом через опущені до п'яти буронабивної палі бетонолитні труби діаметром 200...300 мм. У процесі збільшення висоти бетонного шару труби піднімають й зайві ланки видаляють, до того ж нижній кінець труби повинен бути постійно заглибленим у бетонну суміш не менше ніж на 0,8...1,5 м.

Показник пробурюваності – швидкість руйнування гірської породи на вибої свердловини, яка надається в нормативно-кошторисній документації у вигляді категорій складності буріння.

Підмивання – спосіб, що полегшує занурення в ґрунт готових палей або бурових труб унаслідок зниження сил тертя об ґрунт або лобового опору під дією струменя води, що подається. Вода до нижнього торця палі (бурової труби) надходить під напором або по системі трубок, або по водоводу в тілі елемента.

Паля – це повністю або частково занурений в ґрунт стрижень, який використовують для передавання тиску від споруди на нижні шари ґрунту.

Слабкі ґрунти – глинястий ґрунт зі ступенем вологості $S_r > 0,8$, показником консистенції $IL > 0,5$, модулем деформації $E < 5$ МПа і розрахунковим опором $R_0 < 0,15$ МПа.

Технологічна карта – основний документ будівельного процесу, який регламентує його технологічні й організаційні положення; її розробляють на окремі або комплексні процеси.

Електроосмос – спосіб, який використовують для полегшення занурення паль у щільні водонасичені ґрунти. Після короточасного впливу постійного струму під стінами занурюваної палі-катода збирається ґрунтова вода, знижуються сили тертя між палею та ґрунтом.

Желонка – буровий інструмент циліндричної форми з клапаном у нижньому торці, призначений для збирання й вилучення бурового шламу зі свердловини.

Розширювач – інструмент для влаштування розширеної основи бурових паль у зв'язаних ґрунтах. Остаточний кут розкриття розширювачів зазвичай становить 60° , а стандартне збільшення діаметра – у 2...3 рази більше порівняно з діаметром стовбура.

Шийка палі – дефект буронабивної палі у вигляді звуження поперечного перерізу бетонного стовбура.

Шлам буровий – водна суспензія продуктів руйнування гірських порід забою, стінок свердловини й бурового розчину. Витягується зі свердловини буровим інструментом або виноситься промивною рідиною.

Шнек – буровий інструмент у вигляді стрижня (труби), по зовнішній поверхні якого приварена спірально навита сталева стрічка, у нижньому торці оснащений породоруйнівним наконечником. Під час обертання відбувається транспортування зруйнованої породи на гирлі.

Шпур – циліндричне заглиблення в ґрунті з діаметром до 75 мм і глибиною до 5 м. Свердловина - вироблення діаметром понад 75 мм і понад 5 м завглибшки. Устя, забій – верхня й нижня частини шпуру або свердловини відповідно.

Шпунтова стінка – суцільна стінка, утворена зануреними в ґрунт дерев'яними, залізобетонними, сталевими або полімерними шпунтовими палями. Слугує водонепроникною перешкодою і утримує від обвалення ґрунт у стінках котловану або забезпечує від динамічних дій конструкції фундаментів наявних будівель під час виконання робіт.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Александрова В. Ф. Технология и организация реконструкции зданий : учеб. пособие / В. Ф. Александрова, Ю. И. Пастухов, Т. А. Расина. – СПб. : СПбГАСУ, 2011. – 208 с.
2. Алексеев С. И. Основания и фундаменты : учебн. пособие / С. И. Алексеев. – СПб. : Изд-во ПГУПС, 2007. – 111 с.
3. Барашиков А. Я. Надійність будівель і споруд : навч. посібник / А. Я. Барашиков, М. Д. Сирота. – Київ : ІСДО, 1993. – 204 с.
4. Барашиков А. Я. Оцінювання технічного стану будівельних та інженерних споруд / А. Я. Барашиков, О. М. Малишев. – Київ : Основа, 2008. – 320 с.
5. Устройство свайных фундаментов : учеб. пособие / Н. И. Ватин, А. Н. Баданин, Г. Я. Булатов, Н. Б. Колосова. – СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2013. – 227 с.
6. Верстов В. В. Технология и комплексная механизация шпунтовых и свайных работ : учеб. пособие / В. В. Верстов, А. Н. Гайдо, Я. В. Иванов. – 2-е изд., стер. – СПб. : Лань, 2012. – 288 с. : ил.
7. Верстов В. В. Технология устройства свайных фундаментов : учеб. пособие / В. В. Верстов, А. Н. Гайдо. – СПб. : СПбГАСУ, 2010. – 180 с.
8. Інженерна геологія. Механіка ґрунтів, основи та фундаменти : підручник / М. Л. Зоценко, В. І. Коваленко, А. В. Яковлев, О. О. Петраков. – Полтава : ПНТУ, 2004. – 568 с.: іл., вид. 2-ге, перероб. і доп.
9. Кліменко В. З. Випробування та обстеження будівельних конструкцій і споруд : підручник / В. З. Кліменко, І. Д. Белов. – Київ : Основа, 2005. – 204 с.
10. Корнієнко М. В. Основи і фундаменти : навч. посібник / М. В. Корнієнко. – Київ : КНУБА, 2012. – 164 с.
11. Мангушев Р. А. Современные свайные технологии : учеб. пособие / Р. А. Мангушев, А. В. Ершов, А. И. Осокин. – СПб. : СПбГАСУ, 2010. – 240 с.
12. Пьянков С. А. Основания и фундаменты : учеб. пособие / С. А. Пьянков, З. К. Азизов ; Ульянов. гос. техн. ун-т. – Ульяновск : УлГТУ, 2014. – 197 с.
13. Пьянков С. А. Свайные фундаменты : учеб. пособие / С. А. Пьянков. – Ульяновск : УлГТУ, 2007. – 105 с.
14. Якименко О. В. Технологія будівельного виробництва : навч. посібник / О. В. Якименко ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2016. – 411 с.

15. Якименко О. В. Бетонні роботи : монографія / О. В. Якименко, О. В. Кондращенко, А. О. Атинян ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. – 277 с.
16. Якименко О. В. Земляні роботи : навч. посібник / О. В. Якименко ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. – 162 с.
17. ДБН В.2.1-10-2009. Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування. – Чинний від 1 січня 2010 року. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. – 57 с.
18. ДБН В.1.1-3-97. Інженерний захист територій, будинків і споруд від зсувів та обвалів. Основні положення. – Чинний від 1 січня 1998 року. – Київ : Держбуд України, 1998. – 48 с.
19. ДБН В.1.1-5-2000. Захист від небезпечних геологічних процесів. Будинки і споруди на підроблюваних територіях і просідаючих ґрунтах . – Чинний від 1 січня 2001 року. – Київ : Держбуд України, 2000. – 45 с.
20. ДБН В.1.1-12:2006. Будівництво у сейсмічних районах України . – Чинний від 1 січня 2007 року. – Київ : Держбуд України, 2006. – 51 с.
21. ДБН В.1.2-14:2009. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ. – Чинний від 1 січня 2010 року. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. – 54 с.
22. ДБН В.2.1-10:2018. Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення. – Чинний від 1 січня 2019 року. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2018. – 46 с.
23. ДБН В.1.1-45:2017. Будівлі і споруди в складних інженерно-геологічних умовах. Загальні положення. – Чинний від 1 жовтня 2017 року. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2017. – 43 с.
24. ДСТУ-Н Б В.2.6-203:2015. Настанова з виконання робіт при виготовленні та монтажі будівельних конструкцій. – Чинний від 1 квітня 2016 року. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2016. – 55 с.
25. ДСТУ-Н Б В.2.1-31:2014. Настанова з проектування підпірних стін . – Чинний від 1 листопада 2014 року. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2014. – 52 с.
26. ДСТУ-Н Б В.2.1-32:2014. Настанова з проектування котлованів для улаштування фундаментів і заглиблених споруд. – Чинний від 1 грудня 2014 року. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2014. – 59 с.
27. ДСТУ Б В.2.6-205:2015 Настанова з проектування монолітних бетонних і залізобетонних конструкцій будівель та споруд. – Чинний від 1 липня 2015 року. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2015. – 46 с.

Навчальне видання

ЯКИМЕНКО Олег Вікторович

**СУЧАСНІ МЕТОДИ ВЛАШТУВАННЯ ПАЛЬ
ТА ШПУНТОВИХ ОБГОРОДЖЕНЬ**

НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК

Відповідальний за випуск *А. А. Жигло*

Редактор *О. А. Норик*

Комп'ютерне верстання *О. В. Якименко*

Дизайн обкладинки *Т. А. Лазуренко*

Підп. до друку 22.04.2019. Формат 60×84/16.

Друк на ризографі. Ум. друк. арк. 6,9.

Тираж 50 пр. Зам. №

Видавець і виготовлювач:

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002.

Електронна адреса: rectorat@kname.edu.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК № 5328 від 11.04.2017.