

ЛЕКЦІЯ 4 ТЕХНОЛОГІЯ ЗВЕДЕННЯ КОНСТРУКЦІЙ МЕТОДОМ ОПУСКНОГО КОЛОДЯЗЯ

Зміст

4.1 Загальні відомості. Зведення опускного колодязя з монолітного залізобетону

4.2 Зведення опускного колодязя із збірного залізобетону

4.3 Зведення споруд методом кесонів

4.1 Загальні відомості. Зведення опускного колодязя з монолітного залізобетону

Будівництво підземних споруд будь-якого призначення пов'язане найчастіше з ущільненістю будівельних майданчиків або несприятливими інженерно-геологічними умовами. У зв'язку з цим виникає необхідність у зведенні заглиблених споруд методами, що виключають можливість ведення робіт у відкритих котлованах з укосами і використання великих динамічних навантажень через наявність поруч будівель, споруд і фундаментів. У таких умовах одним з найбільш раціональних, а іноді і єдиним, є спосіб опускного колодязя. Цим методом зазвичай будують насосні станції, верхні ділянки стовбурів шахт, резервуари, відстійники, дробильні корпуси, підземні гаражі, станції метрополітену, фундаменти глибокого закладення висотних будівель, опор мостів, шляхопроводів і т. п.

Сутність технології зведення підземних споруд методом опускного колодязя полягає в наступному. На поверхні ґрунту влаштовують нижню ножову частину та стіни колодязя на певну висоту. Потім усередині починають розроблювати ґрунт, підкопуючи його під стінками колодязя. Після цього він заглиблюється в ґрунт під впливом своєї маси. Для кращого заглиблення колодязя в ґрунт його нижню частину роблять загостреною - так звану ножову частину. Роботи, таким чином, ведуть до тих пір, поки не буде пройдено всю товщу ґрунтів і колодязь не досягне проектної позначки. В

процесі заглиблення, стіни колодязя нарощують. Після заглиблення влаштовують днище опускного колодязя, виконується монтаж технологічного обладнання, роблять перекриття та покриття. Будівництво підземних споруд методом опускного колодязя ефективно при глибині закладення дна колодязя від 10 до 100м. Діаметр колодязя може досягати 50м. Приклади геометричних параметрів окремих споруд зведених методом опускного колодязя, наведено в табл. 4.1

Таблиця 4.1 - Параметри реалізованих проектів споруд, зведених методом опускного колодязя

Об'єкт	Внутрішні розміри, м		Товщина стін, м
	Діаметр	Глибина	
Криворізький металургійний комбінат	15,4	14,5	0,3
Те саме, піч № 8	21,0	13,8	0,5
Михайлівський рудний комбінат	32,8	26,0	1,5
Михайлівський ГЗК	37,8	57,0	2,5
Новолипецька доменна піч	58,0	20,3	0,8
Вестибюль метро «Арсенальна» в м. Києві	22,6	105,0	2,4
Станція метро в м. Сан-Паулу (Бразилія)	50,0	100,0	1,6

Опускні колодязі класифікуються за матеріалом, з якого вони виконуються:

- бетонні;
- залізобетонні;
- металеві;
- кам'яні і цегляні;
- дерев'яні.

Опускні колодязі з дерева, каменю та цегли застосовуються вкрай рідко.

За способом влаштування залізобетонні конструкції будують:

- з монолітного залізобетону;

- зі збірних тонкостінних панелей;
- з пустотілих блоків;

За технологією заглиблення, колодязі поділяються на ті що зводяться:

- насухо;
- з водовідливом (штучним зниженням рівня ґрунтових вод);
- без водовідливу (з розробленням ґрунту під водою).

За формою (в плані) опускні колодязі бувають (рис. 4.1):

- круглі;
- овальні;
- прямокутні.

Прямокутна або квадратна форма колодязя дає змогу раціональніше використовувати площу внутрішнього простору під обладнання. Проте опускні колодязі круглої форми найбільш економічні, вони краще працюють на стиск і менше схильні до крену при заглибленні.

За конфігурацією у вертикальному розрізі в практиці набули найбільшого поширення колодязі з вертикальними стінками або у вигляді східчастих стін.

Однак є й інші варіанти (рис. 4.2). У загальному вигляді конструкція опускних колодязів включає ножову частину і стінки. Ножова частина виконується загостреної форми, щоб забезпечити заглиблення опускного колодязя (рис. 4.3). Ширина нижньої частини ножа становить 200-450,0 мм і вибирається залежно від характеристик ґрунту, розмірів колодязя.

Раціональне заглиблення опускного колодязя в ґрунт може бути досягнуто при дотриманні такої умови:

$$Q = 1,25 T \text{ (кН)} \quad (4.1)$$

де O - маса конструкції опускного колодязя;

T - сили тертя, що впливають на поверхню опускного колодязя.

Якщо така умова не виконується, то занурення опускного колодязя може здійснюватися під шаром глинистого розчину або з додатковим

привантаженням.

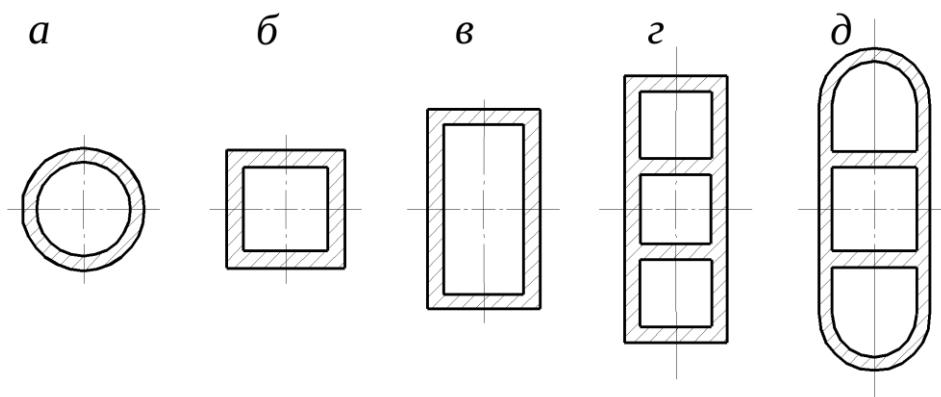


Рисунок 4.1 - Форми опускних колодязів у плані: а – круглий; б – квадратна; в – прямокутний; г - прямокутний з двома паралельними перегородками; д - овальний з двома перегородками

Зведення опускних колодязів з монолітного залізобетону передбачає комплекс підготовчих та основних будівельних процесів, що включають влаштування конструкцій колодязя на поверхні землі з подальшим заглибленням їх у землю.

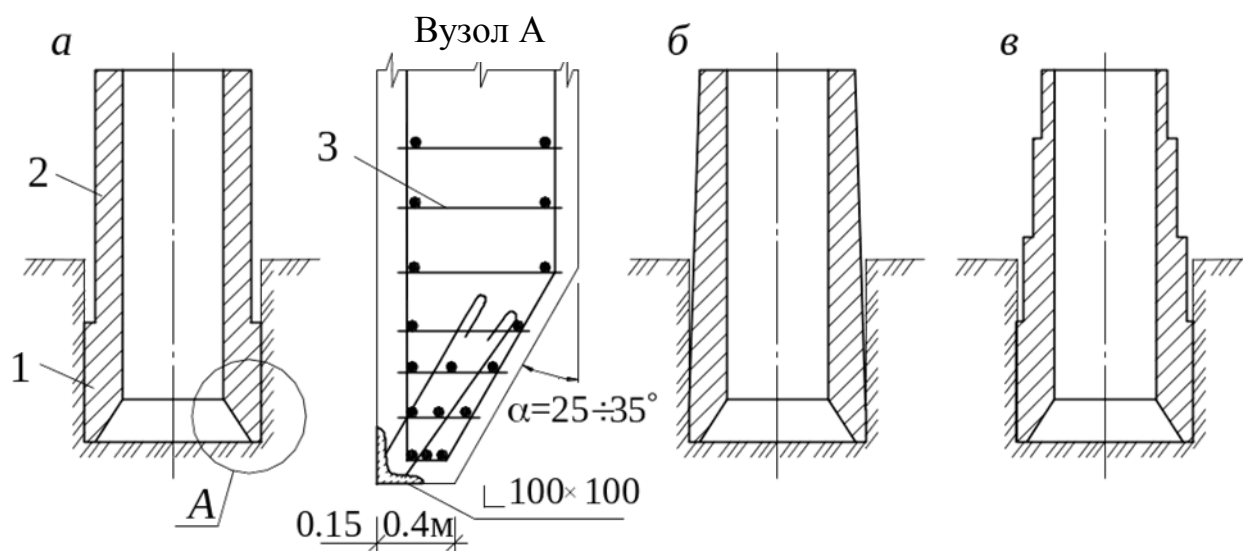


Рисунок 4.2 - Форми вертикальних перерізів опускних колодязів: а – циліндрична; б – конічна; в – циліндрична ступінчаста; 1 – ножова частина опускного колодязя; 2 – оболонка опускного колодязя; 3 – арматура ножа колодязя

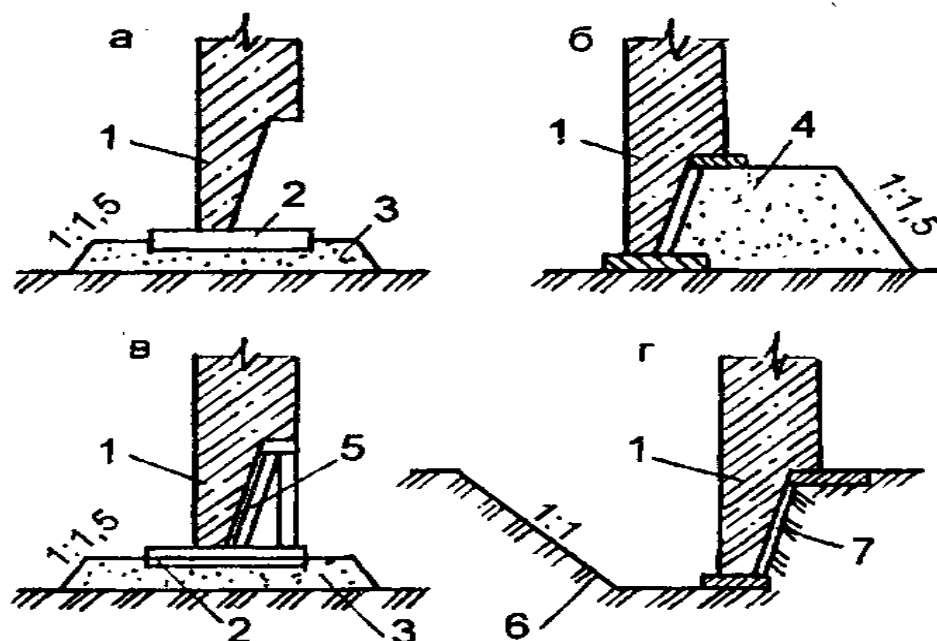


Рисунок 4.3 - Конфігурація ножової частини опускного колодезя: а - на підкладках; б - на підкладках та щебеневій (бетонній) призмі; в – на підкладках з опорою; г-в траншеї; 1 - ножова частина колодезя; 2 - підкладка; 3 - піщана основа; 4 - щебенева (бетонна) піраміда; 5 - опора; б – траншея; 7- опалубка

Технологічний процес зведення опускних колодезів з монолітного залізобетону передбачає такі етапи:

1. Підготовчі роботи. На цьому етапі виконується комплекс робіт з розроблення проектно-технологічної документації, а саме – проекту виконання робіт, що включає будгетплан, календарний графік, графіки поставки будівельних матеріалів, графіки руху машин і механізмів, графіки руху робочих кадрів. Далі проводяться заходи з огорожі території, обстеження на наявність небезпечних предметів і середовищ, облаштування позамайданчикових і внутрішньомайданчикових під'їзних шляхів, установки адміністративно-побутових і складських будівель (як правило, мобільних), облаштування будівельного майданчика елементами будівельного господарства, пожежної безпеки та охорони праці. Виконується вертикальне планування майданчика, забезпечення заходів з виключення можливості підтоплення зливовими стоками, геодезичне розмічування споруди та інші заходи, передбачені проектно-технологічною документацією. Після

підготовки майданчика на об'єкт доставляється будівельна техніка та необхідні будівельні матеріали, інші ресурси відповідно до графіків..

2. Влаштування конструкції опускного колодязя або його ярусу. Виконуються роботи з розроблення ґрунту котловану. Як правило, котлован має невелику глибину для зручності виконання робіт зі зведення колодязя. Глибина котловану не повинна бути наближена до рівня ґрунтових вод менші ніж на 500-1000 мм. На початку робіт, для запобігання обвалення ґрунту, в межах верхньої частини за периметром колодязя улаштовують форшахту у вигляді монолітного залізобетонного кільця. Внутрішню поверхню форшахти змащують глиняним розчином для запобігання зчеплення з монолітним бетоном опорного кільця. Низ траншеї засипають піском. Опорне кільце при бетонуванні розрізують на окремі блоки за допомогою дерев'яних вкладишів, покладених на піщану подушку. Тимчасове опорне кільце доцільно робити зі збірних блоків. Відстань внутрішньої поверхні форшахти від поверхні ножа приймають рівною 10-15 см.

Після уточнення розмітки розташування колодязя готується основа і встановлюються підкладки під ножову частину. Підкладки виконуються з бетонних або дерев'яних елементів. Дерев'яні підкладки виконують з круглих обтесаних колод, з брусів або залізничних шпал. Підкладки укладають на піщану (піщано-гравійну) подушку. Піщана подушка рівномірно розподіляє тиск на ґрунт основи і збільшує площу спирання. Кількість підкладок визначається, виходячи з їх площі. Передбачається, що тиск під підошвою підкладок не повинен перевищувати $1,5 \text{ кгс/см}^2$. Надійна основа, раціональна і правильно вибрана схема спирання ножа колодязя на ґрунт гарантують збереження колодязя при знятті його з тимчасових опор і рівномірність заглиблення в ґрунт на початковій стадії. Часто застосовувані типи підкладок під ніж опускного колодязя наведено на рис. 4.4.

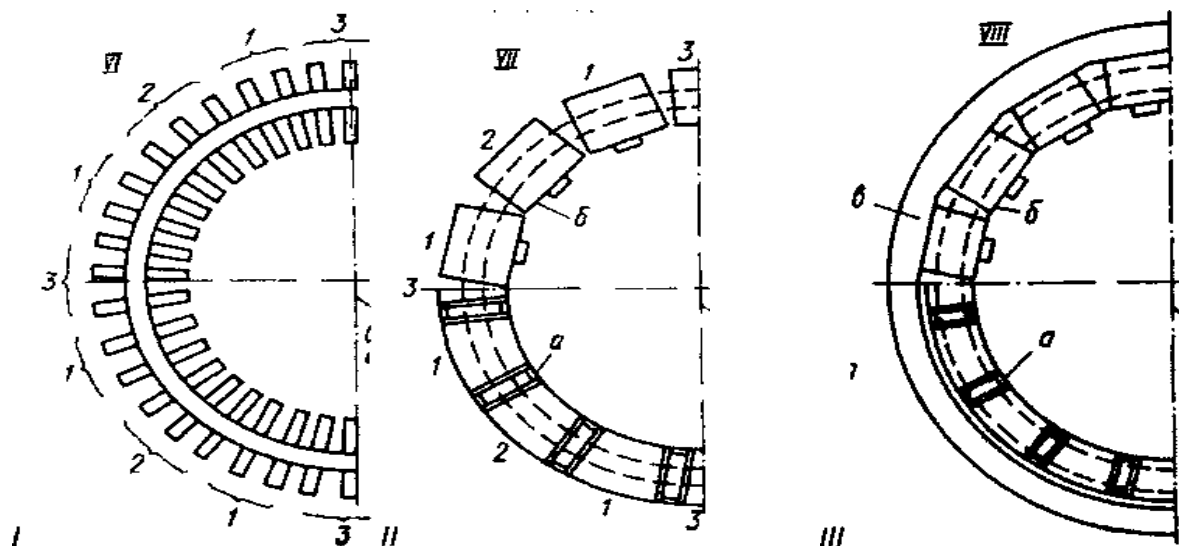


Рисунок 4.4 - Схема підготовки підкладок під ніж опускного колодезя:

I - підкладки з дерев'яних шпал; II, III- підкладки з бетонних плит;
1-3 - послідовність видалення підкладок; а - підкладка з монолітного бетону; б - підкладка зі збірних плит

Після установки підкладок виконуються роботи з влаштування опалубки, армування та укладання бетонної суміші ножової частини опускного колодезя. Для бетонування опускних колодезів використовується водонепроникний (гідротехнічний) бетон не нижче класу С20/25 (В20). Бетонна суміш укладається шарами 300-500 мм і ущільнюється глибинними вібраторами. Процес бетонування стін опускного колодезя безперервний. Час тужавлення бетону окремого шару становить близько двох годин, тому наступний шар потрібно укласти до початку твердіння бетону укладеного раніше шару. Опускні колодезі висотою до 10,0 м зводяться на всю висоту. При більшій глибині опускних колодезів бетонування стін виконується в міру заглиблення, ярусами висотою 6,0-8,0 м. Після зведення стін опускного колодезя виконують розпалублювання і огляд відкритих поверхонь. У разі виявлення раковин вони заповнюють цементно-піщаним розчином.

3. Заглиблення опускного колодезя здійснюється після завершення робіт з його влаштування, ретельного огляду і влаштування гідроізоляції (за потреби). Заглиблення починається з процесу розбирання підкладок. Особливістю цього процесу є те, що підкладки розбираються паралельно із взаємно перпендикулярних

сторін опускного колодязя. Після розбирання підкладок ніж колодязя врізається в ґрунт, і починаються роботи з розроблення ґрунту всередині колодязя. У разі порушення послідовності і синхронності розбирання підкладок може статися перекид опускного колодязя.

Для розроблення ґрунту всередину колодязя установлюють екскаватори. Розроблений ґрунт завантажується в цебри й видаляється з котловану (рис. 4.5а). Розроблення водонасиченого ґрунту може здійснюватися за допомогою екскаватора з грейферним ковшем, який розміщується поруч з опускним колодязем (рис. 4.5, б).

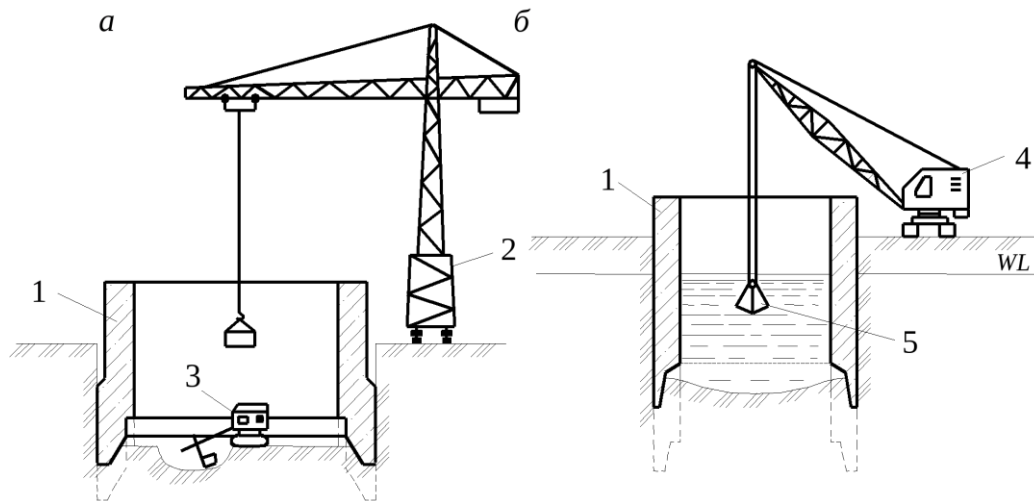


Рисунок 4.5 - Схема виконання робіт із заглиблення опускного колодязя: а - розроблення ґрунту екскаватором у середині котловану; б - розроблення ґрунту екскаватором - драглайном; 1 - опускний колодязь, 2 - кран, 3 - екскаватор-зворотна лопата; 4 - екскаватор-драглайн; 5 - грейфер

Розроблення ґрунту виконується насамперед у середній частині колодязя, на глибину близько 1,5-3,0м. З боку ножової частини залишають берму шириною близько 1,0-2,5м, яка розробляється в останню чергу. Після того, як ґрунт з центральної частини буде розроблений, берма є єдиною опорою опускного колодязя. Початок розроблення ґрунту берми можна назвати початком заглиблення колодязя. Берму необхідно розроблювати шарами по 200-300 мм рівномірно по всьому периметру. Розроблення ґрунту берми здійснюється одночасно на двох взаємно перпендикулярних ділянках. Це робиться для рівномірного осідання опускного колодязя. Розроблення

грунту в колодязі здійснюється екскаваторами, бульдозерами або гідромеханічним способом.

Легкі ґрунти розроблюють бульдозером, а екскаватором завантажують ґрунт у цебри. Бульдозер використовують і на допоміжних операціях: він збирає ґрунт у відвали в зоні дії кранів та в місця, зручні для завантаження його в цебри; виконує пошарове знімання берм і підготовлення ділянок для роботи екскаватора.

Для розроблення берми використовують бульдозер, який рухається вздовж стіни колодязя і невеликими шарами знімає ґрунт берми.

Якщо після повного розроблення берм між фіксованими зонами до рівня банкетки ножа колодязь не заглиблюється, то переходять до розроблення фіксованих зон. Зони розроблюються одночасно від країв до середини. При чому необхідно проводити постійний нагляд за станом колодязя. При перших зрушеннях колодязя всі робітники відходять від стін колодязя в безпечну зону. На першому етапі заглиблення колодязя зазвичай випереджає розроблення ґрунту, а в подальшому колодязь заглиблюється тільки після зроблений фіксованих зон і виймання ґрунту з-під банкетки ножа колодязя. У міру заглиблення колодязя розміри фіксованих зон зменшуються, а на останніх метрах заглиблення вони виключаються повністю.

Розроблювати ґрунт під ножем колодязя нижче від позначки заглиблення банкетки ножа більше ніж на 50-70 см не рекомендується, щоб запобігти великим перекосам колодязя.

Після заглиблення ярусу опускного колодязя виконуються роботи зі зведення подальшого ярусу.

4. Бетонування днища опускного колодязя виконується після звершення робіт з його заглиблення. У практиці будівництва досить часто опускний колодязь затоплюється ґрунтовими водами. У такому випадку днище бетонують у два етапи:

- **1-й етап.** Бетонування основи днища одним з методів підводного

бетонування. Це може бути метод вертикально пересувної труби (ВПТ) або метод висхідного розчину (ВР);

•**2-й етап.** Після твердіння основи відкачується вода і днище бетонується звичайними способами.

У в сухих умовах днище круглих колодязів бетонують концентричними кільцями (смугами), починаючи з ножової частини послідовно наближаючись до центра.

5. Монтаж технологічного устаткування або влаштування перекриттів. Ці роботи виконуються звичайними способами, оскільки опускний колодязь є надійним кріпленням стінок виїмки. Після облаштування опускного колодязя зводяться надбудови або його покриття залежно від призначення споруди.

Влаштування гідроізоляції стін опускних колодязів. Гідроізоляцію стін виконують до початку занурення колодязя і продовжують в міру зведення стін. Конструкція гідроізоляції призначається залежно від величини гідростатичного натиску ґрунтових вод (в нижній частині колодязя на рівні підлоги) і необхідної сухості внутрішніх поверхонь колодязя.

Залежно від призначення, вимог технологічного процесу приміщення за ступенем сухості конструкцій, що обгороджують, діляться на наступні категорії:

Приміщення із сухою поверхнею конструкцій, що обгороджують; допускаються лише окремі сирі плями площею не більше 1% поверхні конструкцій;

Приміщення з окремими вологими ділянками конструкцій, що обгороджують (без виділення капілярної вологи); площа вологих ділянок допускається не більше 20% поверхні конструкцій;

Приміщення з виділенням капілярної вологи на стінах і підлозі; загальна площа зволжених ділянок допускається не більше 20% поверхні конструкцій.

У практиці зведення опускних колодязів найбільш поширені штукатурна, фарбувальна та обклеювальна гідроізоляції, іноді виконують металеву гідроізоляцію.

Сталева гідроізоляція застосовується тільки у виняткових випадках – у приміщеннях першої категорії при великому підпорі ґрунтових вод. Сталеві листи ізоляції використовують як робочу арматуру несучих конструкцій колодязя.

У приміщеннях другої категорії *штукатурну гідроізоляцію* стін роблять торкретуванням по зовнішній і внутрішній поверхнях. По зовнішній поверхні по торкрету наносять *фарбувальну бітумну гідроізоляцію*.

У приміщеннях третьої категорії торкретування роблять тільки зовнішньої поверхні стін. На торкрет наносять фарбувальну бітумну гідроізоляцію.

Торкрет-гідроізоляцію по внутрішньої поверхні стін виконують після занурення колодязя і влаштування днища.

Товщина шару торкрету залежить від величини гідростатичного напору ґрунтових вод. При напорі вод до 10м торкретування роблять у два шари загальною товщиною 25мм; при 10...20м – у три шари товщиною 40мм.

Для торкретування застосовують водонепроникний розширюючий цемент, портландцемент, пуцолановий цемент, водонепроникний безусадковий цемент.

Для збільшення водонепроникності торкрет-гідроізоляції при приготуванні розчинів рекомендується застосовувати гідрофобізуючі кремнійорганічні добавки.

Перед нанесенням торкрет-гідроізоляції бетонні поверхні стін повинні бути очищені від масляних плям, бруду металевими щітками або оброблені піскоструменевим апаратом, раковини в бетоні розчищені, а напливи цементного молока зрубані відбійним молотком, оброблені поверхні промиті водою під тиском.

Бітумний шар на заторкретовану поверхню наносять після повного схоплювання торкрета, заздалегідь огрунтувавши його поверхню.

На стиках у збірних колодязях шари торкрету наносять по рулонній сітці.

При невеликому обсязі робіт у приміщеннях третьої категорії при малому гідростатичному напорі штукатурну гідроізоляцію наносять ручним способом. При цьому поверхню затирають металевими гладилками.

При відсутності ґрунтових вод захист споруди від капілярної вологи здійснюють нанесенням по зовнішній поверхні стін фарбувальної бітумної гідроізоляції.

Для підвищення водонепроникності зовнішньої поверхні стін колодязів ефективно застосування епоксидно-склопластикового покриття, що виконується у три шари: ґрунтують зовнішню поверхню стін епоксидною смолою, потім покривають склотканиною і зверху вкривають епоксидною смолою. Такі покриття у 4...5 разів легше сталі, більш волого морозостійкі і не здатні до корозії.

При виконанні робіт зі зведення опускних колодязів слід дотримуватися **правил безпеки праці**. Ці правила повинні бути чітко регламентовані в проектно-технологічній документації (ПОБ, ПВР). До виконання робіт допускаються особи, які пройшли спеціальну підготовку і здали екзамени на знання умов і способів виконання робіт і правил безпеки праці.

При роботі баштових кранів поблизу опускного колодязя справність стану підкранових колій перевіряється після кожного етапу заглиблення, але не рідше одного разу на добу. Особливу увагу необхідно звернути на можливість зрушень і сповзання ґрунту в межах їх призм обвалення.

У колодязь має бути влаштовано не менше двох розосереджених сходів. По периметру колодязя повинні бути влаштовані захисні козирки.

Контроль якості робіт зі зведення опускних колодязів повинен здійснюватися постійно на всіх етапах їх зведення. Спосіб закріплення

основних осей опускних колодязів на місцевості має забезпечувати можливість перевірки їх положення в плані в будь-який момент заглиблення. Фактичне становище опускного колодязя систематично перевіряється за допомогою геодезичних інструментів за нанесеними на поверхню стін рисками.

Створні знаки і реperi для контролю закріплення основних осей і вертикальних відміток колодязів (кесонів) належить встановлювати за межами ділянок із можливими деформаціями ґрунту, спричиненими опусканням споруди, в місцях, безпечних щодо розмиву і зсувів.

Позначку спланованого майданчика, штучного острівця або дна піонерного котловану слід приймати не менше ніж на 0,5 м вище від максимального рівня ґрунтових вод або води у водоймі, можливого в період від початку зведення і до закінчення опускання споруди. Берми острівця повинні мати ширину, достатню для забезпечення безпечної роботи техніки, але не менше ніж 2 м. Для спорудження колодязя (кесона) слід підготувати тимчасову основу у вигляді піщано-щебеневої призми, дерев'яних підкладок, збірних або монолітних опорних бетонних плит і т. п. Заглиблення всіх видів опускних колодязів без застосування спеціальних заходів щодо зниження сил тертя їх стін об ґрунт (тиксотропна сорочка, антифрикційні обмазки та ін.) не допускається.

Застосування гідравлічного й гідропневматичного підмиву ґрунту дозволяється в разі при відсутності в межах призми обвалення постійних споруд та інженерних комунікацій.

Рішення про придатність опускних колодязів, що мають зміщення, перекося та інші відхилення від проекту, що перевищують установлені допуски, приймаються за погодженням з проектною організацією і замовником.

При виконанні робіт із влаштування опускних колодязів і кесонів склад контрольованих показників, граничні відхилення, обсяг і методи контролю повинні відповідати нормативним документам – ДБН, ДСТУ.

з монолітного залізобетону і мав куполоподібну форму без дна (рис. 4.13). Нижній край «купола» було виконано у вигляді ножа, який під вагою вестибюля вривався в ґрунт у міру його вибирання. Майже вся площа ґрунту розроблялася екскаватором, (3) і лише по краях «купола» під ножами ґрунт розроблявся вручну. За допомогою цебра (4) через заздалегідь пройдений по центру вестибюля шурф (5) ґрунт опускався вниз, де через транспортну штольню (6) за допомогою стрічкового конвеєра (7) подавався на скіповий підйомник (8) і потім уже через шахтний стовбур піднімався нагору.

У міру заглиблення вестибюля вниз, простір над куполом засипався розробленим ґрунтом, і за рахунок збільшення зовнішнього тиску на купол збільшувалася швидкість заглиблення вестибюля. Менш ніж через 4 місяці після початку заглиблення вестибюль досяг проектної відмітки (9) і уперся ножовою частиною в заздалегідь влаштоване фундаментне бетонне кільце (10). Після цього, дно вестибюля було забетоновано і почалося будівництво нижнього похилого ходу, а потім - і верхнього похилого ходу (11) до проміжного вестибюля. Кріплення ґрунту виконувалося також методом заморожування.

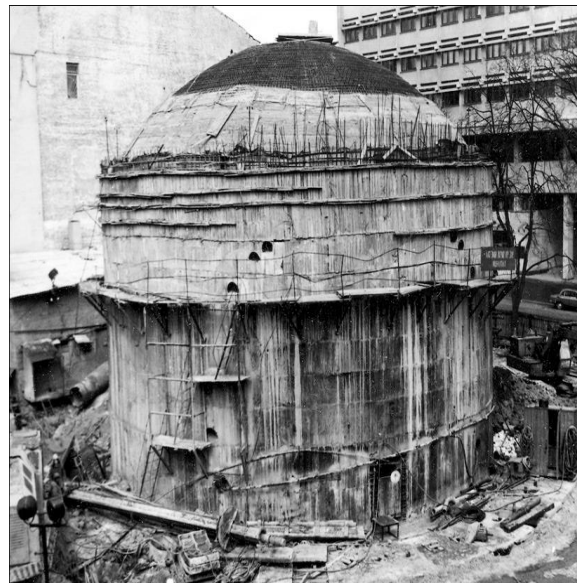
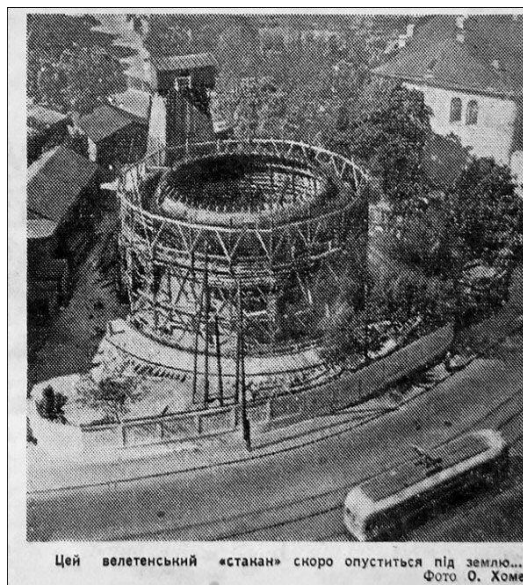


Рисунок 4.7 – Зведення станції метро «Арсенальна» в м. Київ методом опускного колодязю

Близька за технологією організація зведення станції метро Хрещатик в місті Києві.

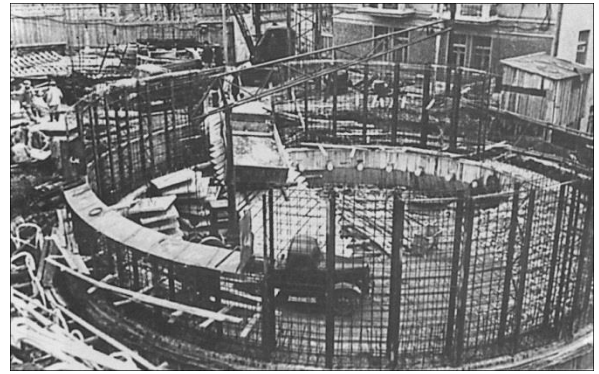
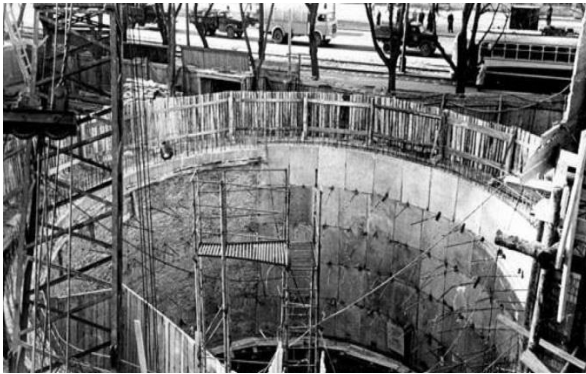


Рисунок 4.8 – Зведення станції метро «Хрещатик» в м. Київ методом опускного колодезя

У світовій практиці будівництва метод опускного колодезя знаходить досить широке застосування.

4.2 ЗВЕДЕННЯ ОПУСКНОГО КОЛОДЕЗЯ ЗІ ЗБІРНОГО ЗАЛІЗОБЕТОНУ

Опускні колодезі зі збірного залізобетону мають, як правило, циліндричну конструкцію, що складається із залізобетонних елементів (панелей) заводського виготовлення. Нижній ярус виготовлений з панелей з ножовою частиною, а наступні яруси - у вигляді звичайних прямокутних панелей. Ножова частина встановлюється на підготовлену основу та підкладки (рис. 4.9). Варіанти спирання ножової частини можуть різнитися.

Приклад збірних залізобетонних конструкцій опускного колодезя наведено на рис. 4.10. Для виготовлення панелей опускного колодезя використовується гідротехнічний бетон класу не нижче C25/30 (B22,5). Елементи опускного колодезя встановлюються по периметру майбутньої виїмки, і в міру розроблення ґрунту під дією власної маси опускаються (заглиблюються) в ґрунт.

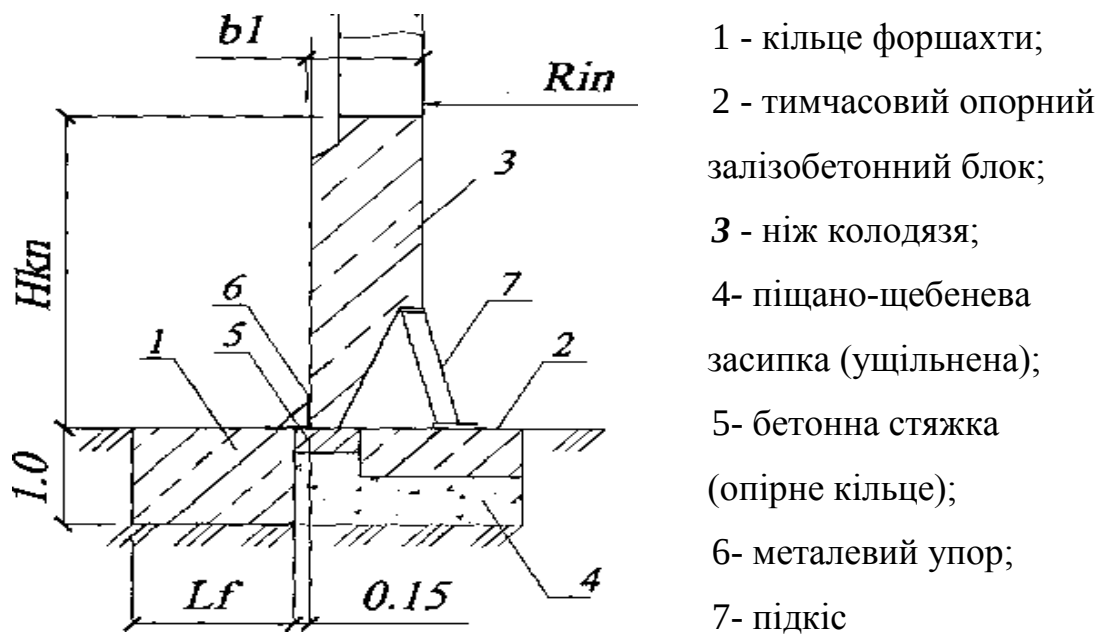


Рисунок 4.9 - Конструкція ножової частини опускного колодязя зі збірних конструкцій:

Послідовність будівельних процесів зведення конструкцій опускного колодязя зі збірних залізобетонних конструкцій наведені на рис. 4.10.

Підготовка основи під ніж опускного колодязя починається з того, що в ґрунті відривають кільцевий піонерний котлован глибиною близько 500 мм. Після цього, як варіант, по периметру бетонуються два опорних кільця - внутрішнє і зовнішнє. Внутрішнє опорне кільце виконується у вигляді окремих блоків довжиною по 2,5-3 м. Після цього всередину опускного колодязя переміщується необхідна техніка та інші знаряддя. Після бетонування опорних кілець на них установлюють бетонні або дерев'яні упори (підкладки), на які монтують елементи стінок колодязя.

Монтаж елементів стін опускного колодязя може здійснюватися за допомогою різних кондукторів. Кондуктор забезпечує безвипірне установлення елементів стінки колодязя в проектне положення. На рис. 4.11 показано сталевий кондуктор для монтажу збірних залізобетонних елементів опускного колодязя.

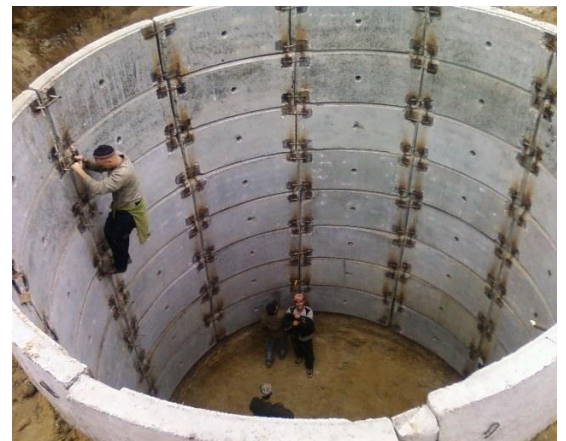
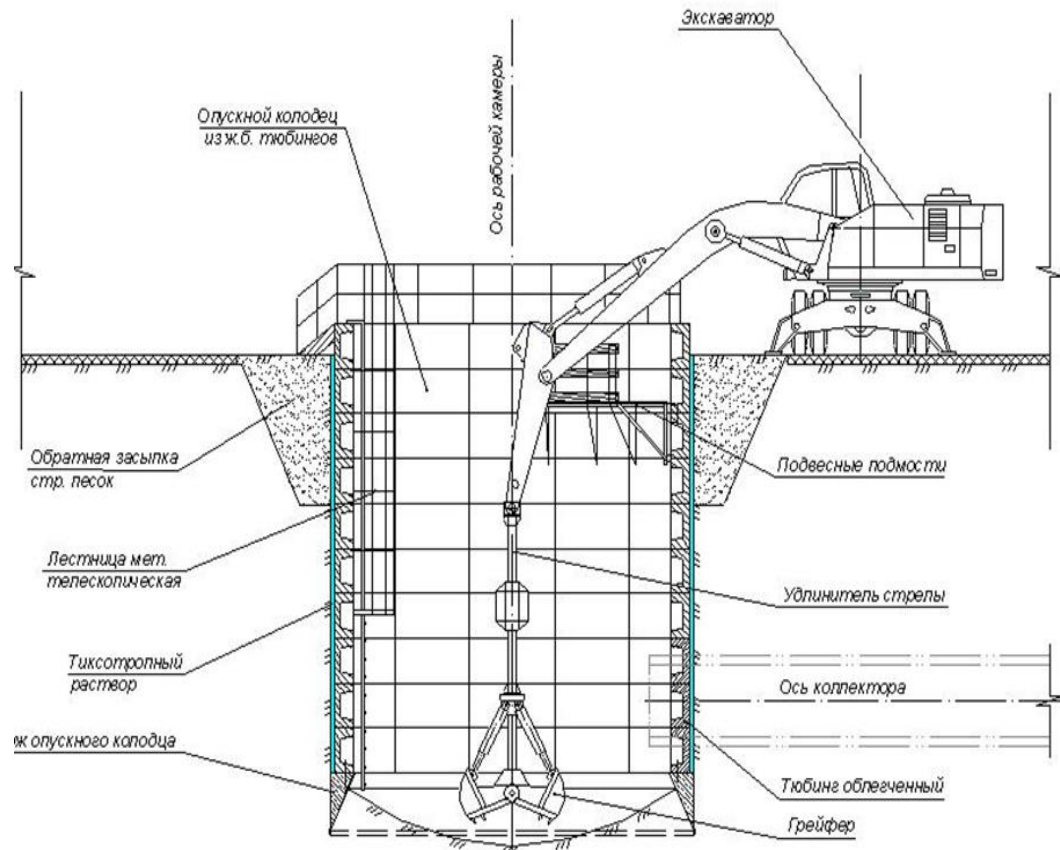


Рисунок 4.10 – Схема виконання процесів ведення опускного колодезя зі збірних залізобетонних конструкцій

Після монтажу першого ряду елементів стіни колодезя настає відповідальний етап - зняття опускного колодезя з опорних конструкцій і осаджування його на ґрунт природної основи. Щоб опустити колодезь на ґрунт і при цьому уникнути перекосів або його деформацій, необхідно

видаляти дерев'яні стояки і підкладки одночасно.

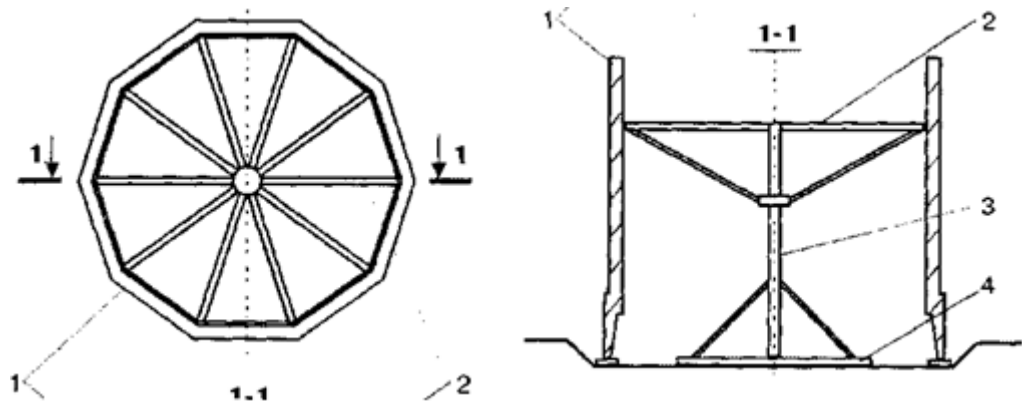


Рисунок 4.11 - Схема монтажу елементів опускного колодязя за допомогою сталевго кондуктора: 1 - стінки опускного колодязя; 2 - елементи кондуктора; 3 - сталева труба; 4 - дорожні плит.

Це може виконуватися, як одним з апробованих варіантів, з використанням енергії вибуху, для чого в кожному стояку просвердлюють отвори діаметром 32 мм, в які закладають по 50-70 г вибухівки. Усі заряди з'єднують детонуючим шнуром і підривають. Колодязь під власною вагою врізається в ґрунт. Елементи внутрішнього кільця демонтуються. Стінки опускного колодязя з зовнішньої сторони обробляють гідроізоляційними сумішами. Розроблення ґрунту всередині опускного колодязя здійснюється екскаваторами з навантаженням ґрунту в цебри для видалення з виїмки. Технологічна послідовність виконання земляних робіт аналогічна при виконання монолітних конструкцій. Після заглиблення першого ярусу опускного колодязя здійснюються послідовний процес нарощування наступних ярусів стін колодязя і розроблення всередині ґрунту на необхідну глибину. Для забезпечення механізації будівельних процесів біля колодязя встановлюють самохідні стрілові, баштові або козлові крани.

Після розроблення ґрунту днище опускного колодязя бетонують, потім приступають до виконання необхідних за проектом наступних робіт.

Іноді опускні колодязі виконуються у вигляді збірно-монолітних

конструкцій. У цьому випадку зовнішні стінки виконують із збірних конструкцій, а внутрішній шар - з монолітного залізобетону.

У разі ускладнень, пов'язаних з труднощами процесу заглиблення конструкції опускного колодязя в ґрунт, влаштовують податливі («м'які») оболонки. Вказані оболонки представляють собою спеціальні покриття котрі наносяться на зовнішні поверхні конструкції колодязя й тим самим зменшують сили тертя об ґрунт. Роботи з влаштування податливої оболонки можуть виконуватись як одночасно з монтажем стін опускного колодязя, так і при його заглибленні. У практиці будівництва застосовують кілька технологічних схем виконання таких робіт:

- заглиблення опускного колодязя в тиксотропній суспензії («сорочці»). Для цього в порожнину, утворену під зовнішнім виступом ножа по ін'єкторах (трубах), розташованих між стінкою опускного колодязя і ґрунтом, нагнітають глинистий розчин з тиксотропними властивостями. Сили тертя зменшуються при цьому на 90%, залишаючись тільки в межах поверхні ножа. Щоб запобігти прориву глинистого розчину в ділянку ножа, застосовують ущільнювач із листової гуми, а для запобігання обваленню ґрунту у верхній частині по периметру колодязя влаштовують форшахти. Основні переваги методу полягають у тому, що тиксотропна сорочка внаслідок значного зниження сил тертя поверхні споруди об ґрунт виключає небезпеку «зависання» опускної споруди, дає змогу зменшити товщину стін приблизно в 3,4 рази, скоротити обсяги робіт, вартість і терміни будівництва;

- створення податливої оболонки паралельно з монтажем стін або після його закінчення, але обов'язково до початку занурення опускного колодязя. У цьому випадку оболонка створюється набризком (напиленням) антиадгезійних матеріалів на зовнішню поверхню стін опускного колодязя. Для цього найчастіше застосовують синтетичні смоли.

Для відновлення сили тертя на бічній поверхні фундаменту, після його заглиблення, слід передбачати такі заходи:

- при зануренні в тиксотропну суспензію - ліквідація останньої;
- руйнування антифрикційного покриття або зв'язок його з ґрунтовим масивом за рахунок введення хімічних добавок. Тиксотропна оболонка може бути ліквідована заміщенням тиксотропного розчину твердіючим глиноцементним розчином;
- насувом навколишнього ґрунтового масиву на порожнину тиксотропної оболонки;
- руйнуванням ґрунтової стінки тиксотропної оболонки з одночасним зміцненням утвореної маси за допомогою введення сухого в'язучого.

Продуктивність робіт по заглибленню опускних колодязів становить близько 600-1200 мм за зміну. При будівництві опускних колодязів зі збірних залізобетонних елементів витрати праці на влаштування стін колодязя скорочуються до 30% порівняно з монолітним варіантом. Однак через невелику товщину стінок колодязя і наявності стиків елементів їх застосування дещо обмежене.

Замонолічування стиків збірних елементів дозволяється починати після установки 75% панелей стін. При цьому необхідно дотримуватися правильності монтажу збірних елементів у кондукторі згідно з раніше виконаною розміткою для всіх збірних елементів ярусу колодязя, що монтується. Опускання збірних опускних колодязів, як правило, повинне проводитися в тиксотропній сорочці. Відповідність форми колодязя проекту, а також вертикальність стін перед початком опускання оформлюються актом комісії на приховані роботи.

Контроль якості занурення опускних колодязів здійснюється геодезичними приладами (теодолітами, тахеометрами). Нормативні допуски регламентуються проектною документацією, а також відповідними розділами ДБН, ДСТУ, СНІП.

4.3. ЗВЕДЕННЯ СПОРУД МЕТОДОМ КЕСОНА

Кесонний метод улаштування фундаментів глибокого закладання був запропонований у Франції в середині XIX ст. для будівництва в сильно обводнених ґрунтах, що містять прошарки скельних порід або тверді включення (валуни, поховану деревину тощо). У цих умовах занурення опускних колодязів за схемою «насухо» вимагає великих витрат на водовідлив, а розробка ґрунту під водою неможлива через наявність у ґрунті твердих включень. У 1841 р. Триже опускав сталеві труби діаметром 1,03 м через водоносний шар розробки кам'яновугільних копалень у долині Луари. Труба на глибину 15 м опускалася за принципом колодязя опускного з водовідливом. Подальше занурення труби цим способом не вдавалося, і Триже застосував стиснене повітря, перетворивши опускний колодязь на кесон.

Таким чином, *кесон* - це опускний колодязь, нижня частина якого відділена горизонтальним перекриттям, що створює кесонну робочу камеру. Над кесонною камерою розташовується надкесонна будова і шлюзовий пристрій.

Висота робочої камери повинна бути не менша ніж 2,2м. За герметичним шлюзом у кесонну камеру опускаються робітники і механізми, які розроблюють ґрунт аналогічно зведенню опускного колодязя. Розроблений ґрунт видаляється через шлюзову камеру за межі кесона (рис. 4.25).

Суть методу полягає в тому, що під час заглиблення в кесонній камері створюється тиск, який перевищує зовнішній гідростатичний тиск на 10%. Це запобігає надходженню в кесонну камеру ґрунтових вод і напливів ґрунту. Роботи в кесоні допускається виконувати на глибині до 38 м, що відповідає тиску 0,36 МПа.

Останнім часом усе більшого поширення набуває роботизоване розроблення ґрунту. Найчастіше це гідромонітор з відкачуванням пульпи за

межі кесона (рис. 4.12). У практиці будівництва за допомогою кесона можуть розроблятися й горизонтальні виробки (споруди метро та ін.).

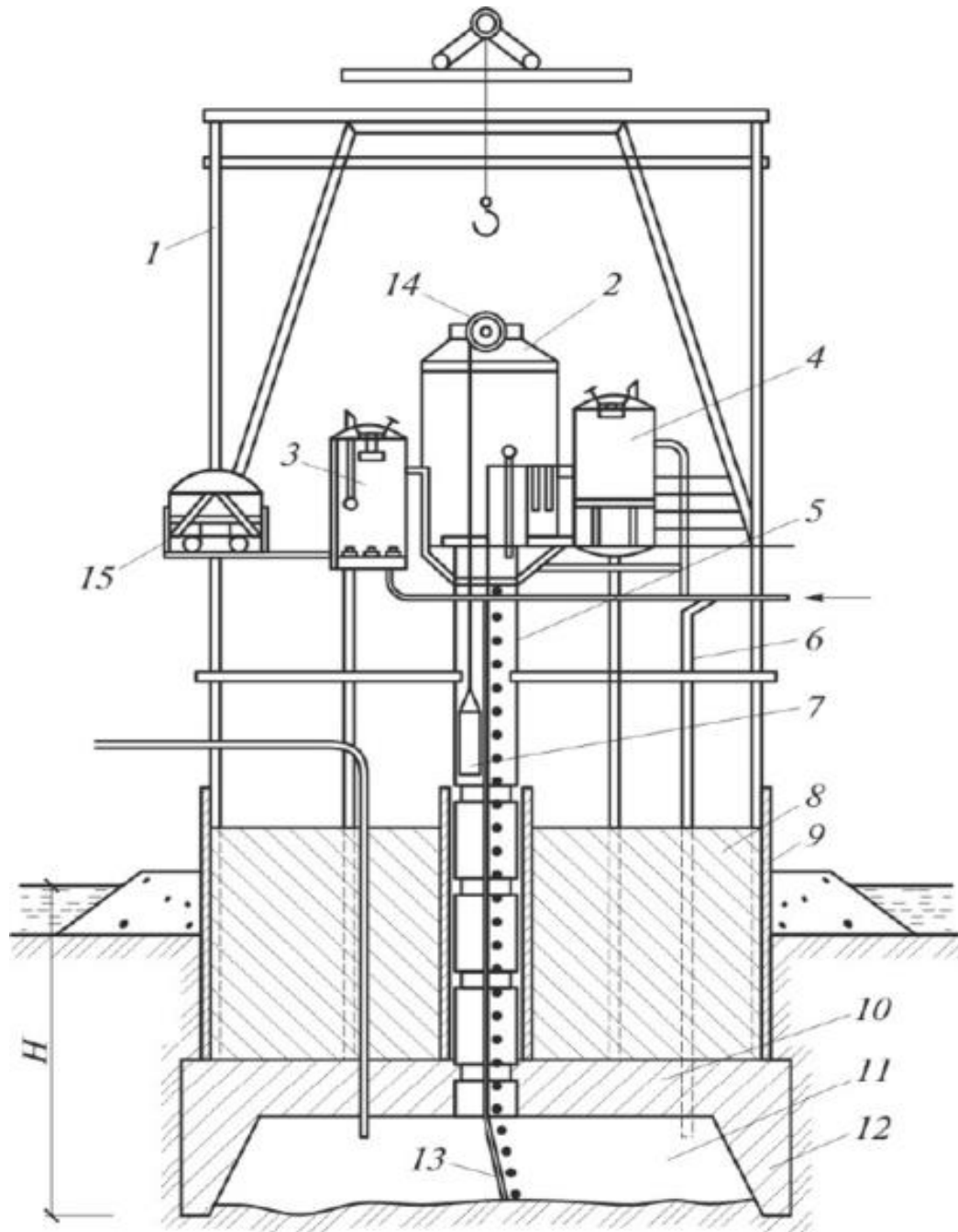


Рисунок 4.12 – Зведення фундаменту методом кесона:

1 - риштування; 2 - шлюзовий апарат; 3 - матеріальний шлюзова прикамерка; 4 - людська шлюзова прикамерка; 5 - шахтні труби; 6 - трубопровід стислого повітря; 7 - цебра з ґрунтом; 8 – надкесонна кладка; 9 - надкесонна обшивка; 10 - стеля кесона; 11 - кесонна камера; 12 - стіни кесона; 13 - сходи; 14 - тельфер; 15 - вагонетка з ґрунтом

Технологічна схема зведення фундаментів кесонним методом включає

наступні процеси:

- 1) підготовчі роботи;
- 2) виготовлення кесону;
- 3) заглиблення кесону до проектної відмітки;
- 4) заповнення кесонної камери бетонною сумішшю або іншим матеріалом за проектом.

У підготовчий період монтують компресорну станцію з резервними агрегатами й розвідну мережу. Кесонну камеру, попередньо виготовлену, частково облаштовують стіною оболонки таким чином, щоб порожня оболонка надавала камері плавучість при транспортуванні. Кесонну камеру водним шляхом доставляють до місця встановлення, розчалюють до анкерних паль, нарощують шахту на висоту, що забезпечує її піднесення над водою після заглиблення, і заглиблюють.

Кесон складається з кесонної камери, надкесонної будови й шлюзового обладнання. Кесонну камеру виготовляють, як правило, із залізобетону П-образної форми. Висота камери від банкетки до стелі H_k 2,2 м. У стелі камери залишається отвір для установки шахтної труби. Стінки камери закінчуються ножем. Надкесонна будова являє собою повнотілу монолітну конструкцію з бетону або залізобетону. Шлюзове обладнання включає шлюзовий апарат, матеріальний і людській шлюзові прикамерки. Стиснене повітря подається компресором по трубопроводах із двох ниток: робочої й резервної.

Під час заглиблення оболонки її стіни нарощують до верхнього стику ланок шахти. У момент занурення нижче рівня води тиск повітря в кесоні піднімають і в міру заглиблення збільшують його так, щоб трохи перевищити гідростатичний тиск на рівні ножа, тільки в цьому випадку забезпечується повне осушення камери кесона.

Зазвичай ґрунт у кесонній камері розробляють методами гідромеханізації: розмивають гідромоніторами й видаляють пульпу гідроелеватором. Керування стовбурами гідромоніторів буває ручним (коли оператор перебуває у кесонній камері) або дистанційним - тоді він перебуває

в спеціальній надкесонній камері, у якій зберігається нормальний тиск повітря. Спостерігають за ходом робіт через перископи.

Робота людей у кесоні допускається при тиску не більше $0,4 \text{ Мн/м}^2$ (4 атм.), що відповідає глибині 40 м, але через те, що тиск у кесоні повинен на 10% перевищувати тиск стовпа води, то практично досяжна глибина занурення складає лише 36м. Занурення глибше 40 м можливе при автоматичній розробці ґрунтів або дистанційному керуванні механізмами. Зсув кесонів у плані не допускається більше, ніж на 0,01 глибини занурення, тангенс кута відхилення осі від вертикалі не повинен перевищувати 0,01.

Контроль якості робіт здійснюється відповідно до вимог проектної документації, а також нормативних документів.

До початку робіт з заглиблення кесонів обладнання (шлюзові апарати, шахтні труби, збірники повітря, повітропроводи) сертифікується і випробовується гідравлічним тиском, що перевищує в 1,5 рази максимальний робочий повітряний тиск. Компресорна станція, що обслуговує кесонні роботи, повинна мати резервні компресори сумарною продуктивністю не меншою продуктивності найпотужнішого з основних компресорів.

Способи і послідовність розроблення ґрунту в кесоні та видалення твердих включень з-під ножа мають забезпечувати рівномірне опускання кесона і запобігання проривів повітря з робочої камери.

При недостатності сил бічного тертя кесони повинні підтримуватися шпальним клітками, що встановлюються на піщані подушки і упираються в стелю камери кесона.

Необхідність установки кліток, їхня кількість, способи і послідовність їх перестановок встановлюються в ПВР.

Відмітка поверхні ґрунту в робочій камері в процесі заглиблення не повинна перевищувати позначку банкетки ножа більш ніж на 60 см.

Зависання кесонів дозволяється усувати форсованою посадкою - тимчасовим різким зниженням тиску в камері кесона, але не більше ніж на 50%.

Підбірка ґрунту під банкеткою перед форсованою посадкою на глибину більш ніж 0,5 м і перебування людей у кесонах при форсованих посадках забороняються.

При проходженні кесоном скельних або напівскельних ґрунтів виконання вибухових робіт при розпушуванні ґрунту під ножем повинно забезпечувати спирання кесона на фіксовані зони (цілики), розташування і величина яких мають бути сказані в ПВР.

Зниження тиску повітря в робочій камері кесона перед вибухом не повинно викликати напливу ґрунту з-під ножа, а тимчасове підвищення тиску після вибуху не має перевищувати 50% робочого тиску.

Затоплення камери кесонів (у разі вимушеної перерви в роботі) слід проводити шляхом поступового зниження повітряного тиску. Витіснити воду із затопленої камери слід під тиском, що не перевищує проектний.

Заповнення робочої камери ґрунтом, бетоном або бутового кладкою потрібно виконувати із забезпеченням їх щільного укладання по всій висоті робочої камери. Порожнечі, що залишилися між матеріалом заповнення і стелею робочої камери, слід заповнювати цементним розчином, нагнітаючи його під тиском не меншим ніж 0,1 МПа.

Рішення про придатність опускних колодязів і кесонів, що мають зміщення, перекоси і інші відхилення від проекту, що перевищують установлені допуски, приймаються за погодженням з проектною організацією і замовником.

Результати контролю якості повинні бути відображені у виконавчій документації.