

РОЗГЛЯД СПОСОБІВ БУДІВНИЦТВА ПІДЗЕМНИХ СПОРУД

Метрополітен, міська поза вулична залізниця, що має власний габарит, інженерно відокремлена від будь-якого іншого транспорту та пішохідної зони й призначена для пасажирського руху. Транспортні фахівці не вважають визначальною ознакою способів розміщення траси: підземний, наземний та надземний, хоча існує стереотип, що це підземний вид транспорту. У містах з історичною забудовою лінії метро, зазвичай, прокладені під землею і лише інколи виходять на поверхню або на естакади. Габарити і маса рухомого складу можуть досягати залізничних стандартів, хоча, зазвичай, поступаються їм. Поїзди налічують, як правило, 4—8 вагонів. Діаметр тунелів досягає 5—6 метрів (але в багатьох системах зустрічаються й вужчі тунелі шириною всього 2,3 метра), граничні нахили більші, ніж на залізницях загального призначення, але менші, ніж на трамваї, мінімальні радіуси закруглення значно більше трамвайних. Платформи на станціях зазвичай мають довжину 100—160 м і ширину 5—20 м. Лінії метрополітену зазвичай проходять уздовж містотвірних осей і є каркасом міської транспортної системи. Вартість спорудження метрополітену вельми залежить від умов будівництва [1-2].

Відкриття першого у світі метрополітену відбулось 10 січня 1863 року, коли від станції Паддінгтон по освітлених гасовими лампами тунелях з інтервалом 15 хвилин по маршруту відправилось шість поїздів з чотирма вагонами кожний. Всього за перший день було здійснено 120 поїздок і перевезено 38 тис. пасажирів [3].

Будівництво метрополітену вимагає великих капіталовкладень — тому економічно виправдане лише в містах із великими пасажиропотоками.

Розрізняють закритий спосіб будівництва тунелів метро за допомогою тунелепрохідницьких щитів і відкритий, при якому тунелі й станції будуються в котлованах або на поверхні й після засипаються ґрунтом.

Закритий спосіб застосовується при будівництві ліній глибокого закладання, коли цього вимагають гідрогеологічні умови, або необхідно зберегти забудову в містах, в інших випадках станції неглибокого закладання будують відкритим способом. Застосовують також мішаний спосіб, коли станції будуються відкритим способом, а тунелі закритим, при цьому немає необхідності переносити комунікації, тимчасово закривати дороги тощо, тому будівництво є дешевшим [1-2]. При відкритому способі виключаються специфічні проблеми підземних робіт, тунелі споруджуються загальноприйнятими методами з застосуванням високопродуктивних машин і великогабаритних конструкцій на великій довжині ділянки, тобто практично при необмеженому фронті робіт. Завдяки цьому темпи робіт в порівнянні з темпами при закритому способі вище, а витрати праці зведення конструкції нижчі. Недоліками відкритого способу є порушення інфраструктури, знесення розташованих на шляху будівель та споруд, перекриття дороги громадському транспорту.

Оптимальним варіантом є в багатьох випадках поєднання закритого способу споруди перегінних тунелів з відкритим способом будівництва станцій і пристанційних споруд. Кількість міських підземних споруд, які необхідно переводити в цьому випадку різко скорочується, а нормальне життя міста порушується набагато менше.

Давайте розглянемо відкритий спосіб, який полягає в тому, що спочатку з поверхні землі розкривають котлован або траншею, а потім в них зводять підземну конструкцію. Після закінчення будівельно-монтажних робіт котлован або траншею засипають ґрунтом з відновленням при необхідності дорожнього покриття над тунелем. Відкритий спосіб робіт використовується на незабудованій території при будівництві колекторних тунелів, перегінних одноколієних або двоколієних тунелів метрополітенів мілкового закладання, підземних переходів, пристанційних та інших підземних споруд, прокладають на невеликій глибині, а також при будівництві підводних тунелів. При спорудженні тунелів відкритим способом в основному застосовуються такі способи робіт: котлований, траншейний ("стіна в ґрунт"), а також спосіб опускних секцій і тунелів-кесонів.

Котлованим називається такий спосіб робіт, коли виривається котлован, в якому зводять підземну конструкцію з подальшим її засипанням ґрунтом і благоустроєм поверхні землі.

В залежності від інженерно-геологічних умов і особливостей міської забудови, стіни котловану можуть бути з природними укосами, вертикальні із застосуванням тимчасового і комбінованого кріплення. Котлован з укосами (рис. 1, а) доцільно застосовувати на незабудованих ділянках при наявності стійких ґрунтів. При укосах, крутість яких залежить від фізико-механічних властивостей ґрунту, заощаджується матеріал, що використовується на кріплення стін котловану.

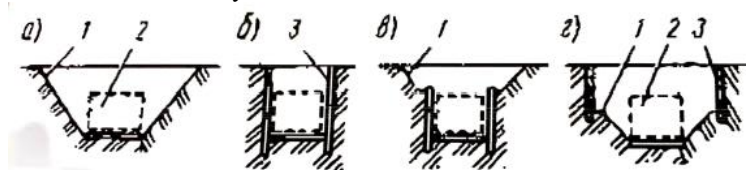


Рисунок 1 – Котлован з укосами: (а) вертикальними; (б) з комбінованими; (в, г) з стінами: 1 – укіс, 2 – контур тунелю, 3 – шпунт.

Котловани з вертикальними стінами (рис. 1, б) застосовуються зазвичай у випадках щільної міської забудови поверхні і в слабких ґрунтах, можливість розробки котлованів виключається із природними схилами. Кріплення стін таких котлованів виробляється за допомогою металевих паль із затягуванням шпунта, анкерів. У випадку

неоднорідних ґрунтів, якщо дозволяє планування території, можуть влаштовуватися комбіновані стінки котлованів (рис. 1 в, г), що дозволяє зменшити матеріалоемність кріплення.

Кріплення котловану і на час забезпечення стійкості вертикальних стін кріплення паль або шпунта проводиться за допомогою анкерного кріплення замість розстрілів. Конструкція анкера являє собою сталеву трубу, стрижень періодичного профілю (діаметр 18-40 мм) або пучок високоміцного дроту, пасом або канатів, які закріплюються за межами можливої призми обвалу ґрунту. Такі анкери мають високу несучу здатність. Так, граничне зусилля на розрив, яке здатний витримати стрижневий анкер, становить 150-500 кН, трубчастий -300-1500 кН, а провідний - 500-2500 кН.

За способом закладення анкера в ґрунті розрізняють попередньо напружені ін'єкційні анкери без розширення (рис. 2, а) або з розширенням (рис. 2, б), що закріплюють в ґрунті за рахунок утворення цементної пробки, а також циліндричні анкери з опорної трубою, нижній кінець якої з'єднаний з анкерної тягою (рис. 2, в).

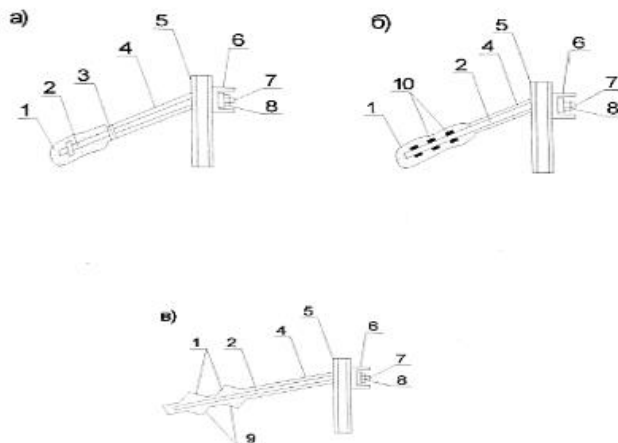


Рисунок 2 – Конструкція ґрунтових анкерів: 1- цементна пробка; 2- анкерна тяга; 3-ущільнювачі; 4-контур свердловини; 5-палія; 6-пояс; 7-гайка; 8-підпора; 9-розширення; 10-ребра анкерної тяги

Анкери (рис. 3) прикріплюються до поздовжніх поясів 2, що забезпечує рівномірну передачу зусиль на всю систему кріплення. Анкери встановлюються через 3-5 м в один або кілька ярусів по висоті з нахилом під кутом 25-30° або горизонтально.

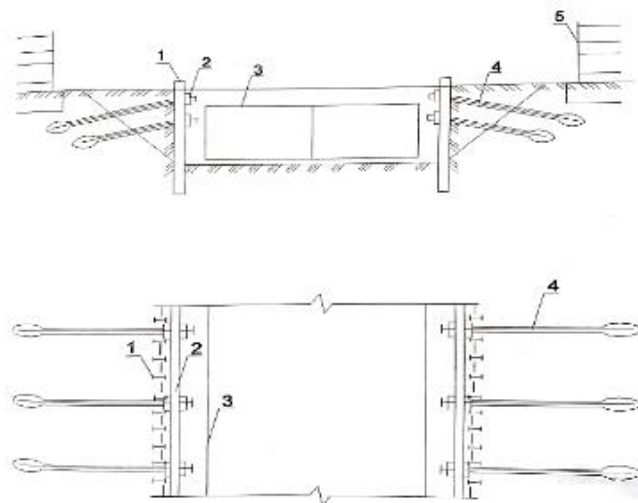


Рисунок 3 - Схема кріплення стін котловану похилими анкерами: 1- палія; 2-пояс; 3-контур тунелю; 4 - анкери; 5- споруда

Метод «стіна в ґрунті» призначений для будівництва заглиблених в ґрунт споруд різного призначення. Сутність його полягає в тому, що стіни поглибленої споруди споруджують у вузьких і глибоких траншеях, вертикальних борту який утримує від обвалу за рахунок глинистої суспензії, яка утворює додатковий тиск на ґрунт і виконує таким чином, роль кріплення траншеї. Після влаштування в ґрунті траншей необхідних розмірів їх заповнюють (в залежності від конструкцій і призначення споруди) монолітним залізобетоном, збірними залізобетонними елементами або глино-грантовими матеріалами. В результаті цього в ґрунті формують несучі стіни споруд або профільтраційні діафрагми.

Для забезпечення стійкості бортів траншеї тиск глинистої суспензії в будь-якій точці на їх поверхні в межах траншеї повинен бути більше тиску навколишнього ґрунту і ґрунтових вод. Ця умова виконується, коли рівень глинистої суспензії в траншеї вище рівня ґрунтових вод в навколишньому ґрунті. При цьому забезпечується умова, щоб фільтрація глинистої суспензії була направлена з траншеї в навколишній масив ґрунту.

Процес закріплення і утримання від осипання і обвалу бортів траншеї полягає в наступному. Робочий орган машини, що розробляє траншею, весь час знаходиться в глинистій суспензії, а тому ця суспензія при розробці

траншеї миттєво заповнює нові поверхні, проникаючи на певну глибину в ґрунт, утворюючи глинистий шар. Товща цього шару різна для різних ґрунтів. Вона залежить від розміру пор у ґрунті, в'язкості суспензії та її напорі.

Колоїди тиксотропної глинистої суспензії, потрапляючи в пори ґрунту, переходять зі стану "золь" в стан "гель" і склеюють частинки ґрунту між собою, утворюючи заглинизований шар на поверхні стінок траншеї. Тиск суспензії в траншеї притискає цей шар до навколишнього ґрунту. Після початкового замулення глинистої суспензії в навколишній ґрунт через дрібні отвори може профільтруватись тільки чиста вода. При цьому тверді глинисті частинки суспензії, значно перевищуючи за своїми розмірами розміри дрібних пор, не можуть в них проникнути і тому вони накопичуються на поверхні борта траншеї у вигляді кірки. Фільтрація чистої води, відділяється від глинистої суспензії, йде до тих пір, поки викликаний цим підйом ґрунтових вод не призведе до обвалення стінок траншеї. У зв'язку з цим всі роботи по відриву траншеї під глинистої суспензією і зведення на й захопленнях несучих або протифільтраційних стін повинні бути закінчені до моменту обвалення бортів траншеї. Тривалість стійкого стану стінок траншеї залежить від багатьох факторів, але головний з них це рівень ґрунтових вод. Цю тривалість можна збільшити, в основному, відповідним підпором складу глинистої суспензії, зменшуючи фільтрацію води із траншеї тим самим зменшуючи швидкі підняття рівня ґрунтових вод, а також штучним зниженням рівня ґрунтових вод на відповідних ділянках.

При будівництві методом «стіна в ґрунті» в пов'язаних маловодопроникних ґрунтах розробка траншеї і будівництво в них стінок може іноді проводитися з заміною тиксотропної рідини звичайною водою, в кожному конкретному випадку детально узгоджується дослідженнями і вишукуванням.

В даний час заглиблення споруди зводяться у відкритих котлованах, опускним методом (методом опускного колодязя) і методом «стіна в ґрунті». Як показує досвід, будівництво заглиблених споруд у відкритих котлованах найбільш прийнято при малій глибині закладення споруди в стійких необводнених ґрунтах при складній конфігурації і великих розмірах споруди. При обводнених ґрунтах необхідно осушення котлованів із застосуванням водовідливу, водозниження, що збільшує трудомісткість, вартість і термін будівництва.

Опускний метод прийнятний тоді, коли він здійснюється із застосуванням тиксотропних сорочок з глинистої суспензії для зменшення тертя між бічною поверхнею колодязя і навколишнім ґрунтом при глибині закладення споруди великих розмірів в плані, при нескладній конфігурації споруди в плані (круглої, квадратної або прямокутної з невеликою різницею в довжині сторін), при однорідності ґрунтів в кожному з прорізуваних шарів, при малих негативних температурах.

Однак будівництво заглиблених споруд опускним методом має свої недоліки. Основні з них - це неможливість застосування його в ґрунтах, схильних до суфозії, тобто виносу з них дрібних фракцій разом з водою, відкачують при осушенні котловану, а також у випадку загрози випорю (видавлювання всередину котловану через його дно маси ґрунту надлишковим напором води в нижче залеглому водоносному шарі), перекося і заклинювання конструкції, що опускається, ймовірність яких зростає при неоднорідності прорізуваних ґрунтів (тому в конструкції доводиться передбачати запаси міцності, які не потрібні в період експлуатації). Небезпека перекося змушує вести розробку ґрунту, при опусканні колодязя тонкими шарами суттєво подовжує тривалість його занурення в проектної оцінки. Будівництво споруд опускним методом ненадійно також при великих і тривалих морозах, коли виникає небезпека примерзання конструкції опускається, до навколишнього ґрунту, а ліквідація аварії вимагає багато часу, праці і засобів.

Метод «стіна в ґрунті» позбавлений цих серйозних недоліків, так як стіни поглибленої споруди зводяться в траншеях шляхом монтажу в них збірних стінових панелей або бетонування секцій стіни захватками відразу на проектних відмітках. При розробці траншеї і послідовному зведенні в ній частин зірної або монолітної стіни траншея весь час заповнена глинистою суспензією, що запобігає обвалення її стіни. У міру зведення підземної стіни глиниста суспензія витісняється і видаляється з цих частин траншеї.

Таким чином, при методі «стіна в ґрунті» споруди, що зводяться можуть мати будь-яку складну конфігурацію, йому не загрожують ні перекося, ні пов'язані з цим зайві запаси міцності, ні небезпека зависання конструкцій в результаті примерзання до навколишнього ґрунту, так як збірні панелі опускаються в рідку глинисту суспензію, при великих морозах можна підігрівати, а спорудження монолітних стін створюються безпосередньо в проектному положенні. Суфозія і випер при цьому методі повністю виключаються, так як при розробці траншеї і зведенні в ній стін під глинистою суспензією взагалі не можуть мати місце. Коли огорожуючі стіни зведені і починається розробка котловану, можуть бути прийняті ефективні заходи, що цілком запобігають цим явищам, наприклад, підводна розробка котловану з перепоглибленням його дна і з подальшим влаштуванням зворотного фільтра перед осушенням котловану шляхом відкачування, можуть бути також застосовані комбіновані стіни.

Таким чином метод «стіна в ґрунті» має незрівнянно широкую область ефективного застосування, ніж метод будівництва заглиблених споруд у відкритих котлованах і опускний метод. Важливою перевагою методу «стіна в ґрунті» є те, що він застосовується не тільки для будівництва заглиблених споруд і використання підземного простору в цілях економії земель. Метод «стіна в ґрунті» успішно вирішує також і проблему будівництва протифільтраційних діафрагм ресурсів водних від забруднення їх стоками, що не піддаються очищенню.

Список використаної літератури:

1. Метрополітен [Електронний ресурс]. Режим доступу: URL <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D1%96%D1%82%D0%B5%D0%BD>
2. Метрополітен // Термінологічний словник-довідник з будівництва та архітектури / Р. А. Шмиг, В. М. Боярчук, І. М. Добрянський, В. М. Барабаш ; за заг. ред. Р. А. Шмига. — Львів, 2010. — С. 123.

3. Перший метрополітен [Електронний ресурс]. Режим доступу:

[URL:https://www.jnsm.com.ua/h/0110P/#:~:text=%D0%92%D1%96%D0%B4%D0%BA%D1%80%D0%B8%D1%82%D1%82%D1%8F%20%D0%BF%D0%B5%D1%80%D1%88%D0%BE%D0%B3%D0%BE%20%D1%83%20%D1%81%D0%B2%D1%96%D1%82%D1%96%20%D0%BC%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D1%96%D1%82%D0%B5%D0%BD%D1%83,%D1%96%20%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B2%D0%B5%D0%B7%D0%B5%D0%BD%D0%BE%2038%20%D1%82%D0%B8%D1%81%D1%8F%D1%87%20%D0%BF%D0%B0%D1%81%D0%B0%D0%B6%D0%B8%D1%80%D1%96%D0%B2.](https://www.jnsm.com.ua/h/0110P/#:~:text=%D0%92%D1%96%D0%B4%D0%BA%D1%80%D0%B8%D1%82%D1%82%D1%8F%20%D0%BF%D0%B5%D1%80%D1%88%D0%BE%D0%B3%D0%BE%20%D1%83%20%D1%81%D0%B2%D1%96%D1%82%D1%96%20%D0%BC%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D1%96%D1%82%D0%B5%D0%BD%D1%83,%D1%96%20%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B2%D0%B5%D0%B7%D0%B5%D0%BD%D0%BE%2038%20%D1%82%D0%B8%D1%81%D1%8F%D1%87%20%D0%BF%D0%B0%D1%81%D0%B0%D0%B6%D0%B8%D1%80%D1%96%D0%B2.)