

УДК 624.1

Ваннічна В.В., к.т.н., доц., Городиська А.М., Пасько О.З., студ. гр. ОС-01,
кафедра геобудівництва та гірничих технологій НТУУ «КПІ», м. Київ, Україна

АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ СПОСОБІВ ПІДЗЕМНОГО БУДІВНИЦТВА МЕТОДАМИ МІКРОТУНЕЛЮВАННЯ ТА ПРОХІДНИЦЬКИМ ЩИТОМ

Науково технічна революція, пік розвитку якої припав на кінець ХХ, початок ХХІ століття дала поштовх у розвитку будівельних технологій, стався перехід від напівмеханізованої до механізованої та автоматизованої праці. Цей стрибок приніс значні зміни в розвиток будівельних технологій, зокрема – пришвидшення технологічного процесу будівництва в різних напрямках. Це дало можливість зменшити час спорудження та забезпечити безпечні умови праці робітників.

Широке застосування отримало мікротунелювання – будівництво колекторів безтраншейним способом, насамперед в умовах міста (рис. 1). Воно полягає в продавлюванні ґрунту за допомогою прохідницьких щитів і закріпленні ґрунту за допомогою бетонних або металевих кілець. Важливою особливістю технології мікротунелювання є висока точність проходки і постійний контроль за її траєкторією, що дозволяє з точністю до декількох сантиметрів прокласти під землею колектори великого діаметру.

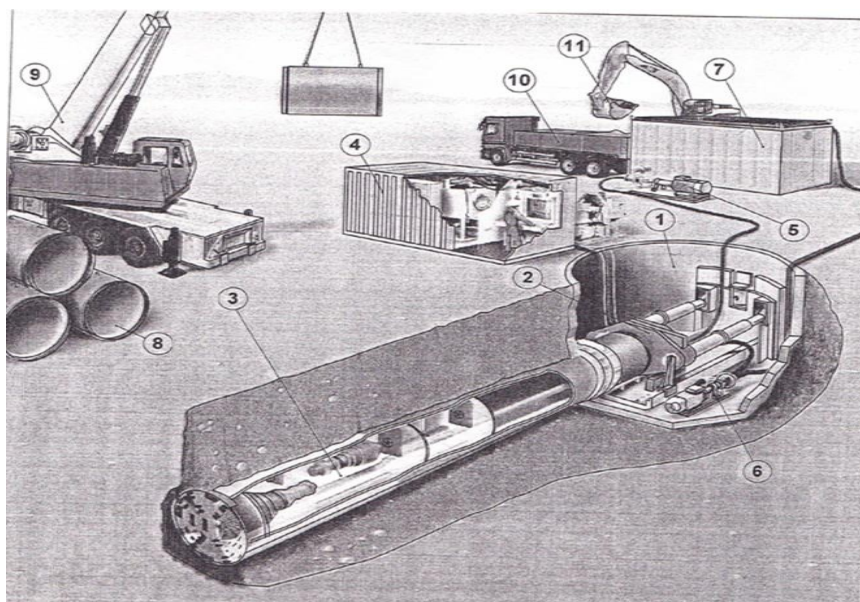


Рисунок 1 – Технологічна схема мікротунелювання: 1 – стартовий ствол; 2 – рампа продавлювання; 3 – прохідницький щит; 4 – контейнер керування; 5 – живильний насос; 6 – транспортний насос; 7 – місткість для осаджування пульпи; 8 – труби; 9 – кран; 10 – автомобіль; 11 – екскаватор.

Роботи виконуються в кілька етапів: перший етап - підготовка стартового та приймального котлованів, їх розміри залежать від діаметра мікросщита, глибина визначається глибиною прокладки. Другий етап - спуск домкратної установки і монтаж мікросщита в шахті. Третім етапом є безтраншейна прокладка трубопроводу. Бутова головка мікросщита, що оснащена різцями, починає обертання, ґрунт через щілини різця нагнітається в труби і разом з бентонітовим розчином подається в змішувальну установку, в якій ґрунт очищається від розчину. Видалення ґрунту із забоя проводиться стисненим повітрям або шнеком. Після прохо-

дження мікроштитом забою на свою повну довжину до нього прикріплюють секцію труби, яку задавлюють в утворену щілину домкратною станцією. Останнім етапом є завершення робіт безтраншейної прокладки. Після виходу мікрошита в приймальний котлован проводиться демонтаж установки.

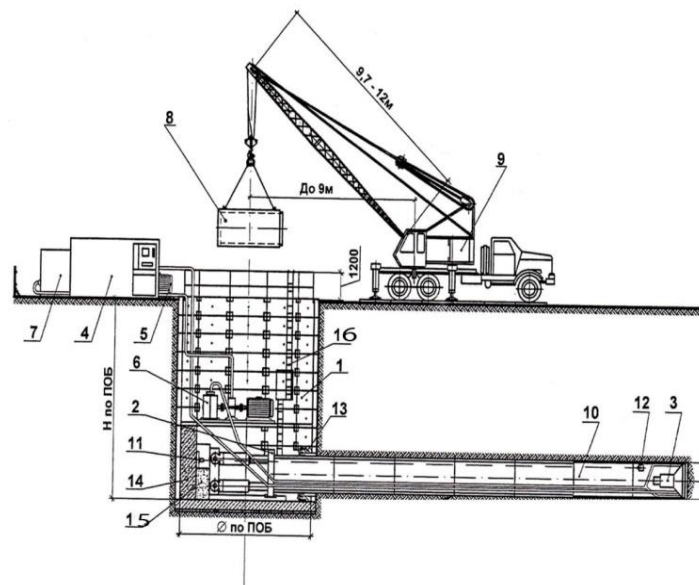


Рисунок 2 – Схема роботи технології: 1 – стартовий шахтний ствол; 2 – рама продавлення; 3 – прохідницький щит; 4 – контейнер керування; 5 – живильний насос; 6 – транспортний насос; 7 – місткості для осаджування пульпи; 8 – робочі з/б труби; 9 – автомобільний кран; 10 – хвостова труба; 11 – лазер; 12 – лазерна мішень; 13 – передня стінка із стартовим ущільненням; 14 – упорна стінка; 15 – проміжна упорна стінка; 16 – драбина.

Мікротунелювання використовувалося при будівництві каналізаційного колектора по вул. Стеценка в м. Києві (рис. 3) з використанням тунелепрохідницького комплексу AVN 1200. Проектом передбачено будівництво 25-ти камер та 9-ти оглядових колодязів. Загальна довжина складала 3265 м діаметром 1200 мм і глибиною проходки (6,0 - 36,0 м). Безтраншейна технологія не перешкождала руху транспорту. Складні інженерно-геологічні умови на окремих ділянках траси зумовили використання будівельного водозниження та заморожування ґрунтів.



Рисунок 3 – Будівництво каналізаційного колектора по вул. Стеценка м. Києва

Перевагами даної технології є: висока якість і швидкість проведення будівництва міських підземних комунікацій; можливість роботи в різному ґрунті, в тому числі і в ґрунтах які сильно обводнені; дуже висока точність прокладання комунікацій, яка досягається завдяки застосуванню навігаційного обладнання; можливість прокладання комунікацій глибокого закладення; зведення до мінімального впливу на міську інфраструктуру, ландшафт, навколишнє середовище; застосування нових зразків і типів трубопроводів; відпадає необхідність у зниженні рівня ґрунтових вод, тому не має і осідань земної поверхні небезпечного для фундаментів будинків і полотен доріг; дає можливість прокладки трубопроводів по криволінійній трасі.

Дана технологія може використовуватися: при прокладці футлярів використовуваних для електричних кабелів газопроводів і нафтопроводів; при будівництві підземних комунікацій міського призначення; при будівництві перехрещування ділянок землі з підвищеною вологістю; при будівництві перетину залізниць, злітно-посадкових смуг і автомобільних магістралей; при прокладці підвідних конструкцій до об'єктів, які розташовані в центрі водоймища.

Щитова проходка застосовується при влаштуванні протяжних тунелів діаметром до 5 метрів, глибиною до 25 метрів - в незв'язних і малосв'язних ґрунтах. Послідовність виконання робіт можна розбити на три стадії.

Перша стадія (підготовча) полягає в облаштуванні монтажної (початкової) шахти для опускання обладнання, підведення до забою електроенергії, стисненого повітря, води, вентиляції.

Друга стадія включає в себе 1) розробку ґрунту в забої під захистом оболонки щита, 2) монтаж первинного оброблення тунелю, 3) просування щита, 4) нагнітання цементного розчину за обробку.

Конструкція щита представлена на рис. 4, що складається з ріжучої частини (виконаної у вигляді козирка, який перешкоджає обваленню ґрунту у середину), системи домкратів призначених для вдавлювання щита в ґрунт і хвостовій частині, що дозволяє під прикриттям здійснювати монтаж збірного оброблення. Домкрати впираються в змонтоване оброблення тунелю і дозволяють корегувати напрямок проходки. Видалення ґрунту із забою здійснюють за допомогою стрічкових транспортерів, а на поверхню його піднімають в бадях або вагонетках. Відразу після влаштування чергового кільця оброблення, не допускаючи осідання породи, в простір між обробленням та породою нагнітають цементний розчин під тиском 5 ... 6 атмосфер.

Третя стадія полягає в прокладці комунікацій в побудованому тунелю. Середня швидкість проходки за зміну становить 1,5 ... 6 метрів. Щитовим методом проходки являє собою продавлювання вперед циліндричного ножа, під захистом якого виконується виїмка ґрунту на ділянці проходки щита. Для продавлювання використовуються гідравлічні домкрати, які розташовуються в безпосередній близькості від лобової грані щита між опорними кільцями, і міцно з ним з'єднуються.

Щитова проходка в порівнянні з відкритим способом виконання робіт є більш економічно - доцільною у наступних випадках: прокладка комунікацій на великій глибині, на перетині з іншими колекторами або великими осушувальними водоводами міських головних транспортних проїздів, площ, автодоріг і залізничних ліній; прокладка тунелів або штолень великого поперечного перетину на глибині понад 12 м на забудованих територіях; роботи з реконструкції комунікацій вже забудованих територій, особливо в міських центрах, а також прокладання нових підземних комунікацій; спрямлення міських трас без урахування умов розташування доріг.

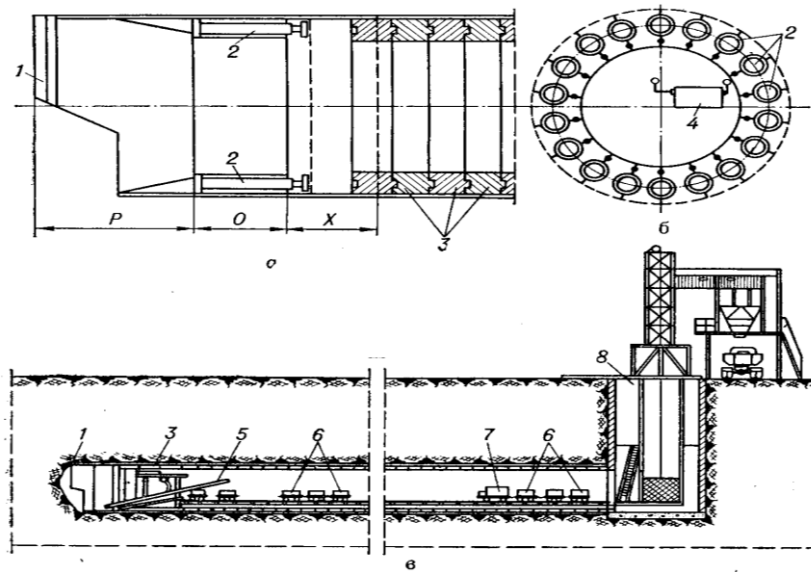


Рисунок 4 – Щитова проходка: а) схема щита; б) розміщення домкратів; в) схема щитової проходки, де: 1 - ніж; 2 - гідродомкрати; 3 - збірне кріплення (тубінги); 4 - золотниковий перемикач; 5 - стрічковий скребковий конвеєр; 6 - вагонетки; 7 - мотовоз; 8 - шахта.

Корпус щита являє собою металеву зварену конструкцію, зазвичай має подвійну стінку, розміри якої відповідають необхідному поперечному перерізу тунелю. На лобовій частині щита розташовуються породо-руйнуючі механізми, а ззаду знаходяться елементи облицювання, наприклад, блоки, тубінги з бетону і залізобетону, механізм для їх установки з гідравлічним приводом.

При проходці тунелів великого перетину забій може бути розділений на окремі частини, що дозволяє проводити роботи з проходки одночасно на різних рівнях. Його характеристика може бути різною: частково або повністю механізованою. Відкритий або ручний щит призначений для проходки штолень невеликого перерізу. Його перевага в порівнянні з частково або повністю механізованими щитами полягає в тому, що він може застосовуватися при проходці в будь-яких ґрунтових умовах, має порівняно невелику масу, малу вартість, а також невеликі витрати при установці і демонтажі. Розміри цих щитів визначаються умовами виконання робіт по спорудженню збірних колекторів, водоводів та ін. При використанні частково механізованих щитів частина необхідних робіт, як, наприклад, розпушування, навантаження і вивіз ґрунту, проводиться механізмами з індивідуальним управлінням. Залежно від характеристик прохідних ґрунтів для цих робіт можуть використовуватися різні будівельні механізми. Повністю механізовані щити застосовуються при спорудженні тунелів метрополітену, а також різних штолень. Застосування щита приводить до скорочення термінів і вартості виконання робіт.

В Києві за допомогою прохідницького щита будується каналізаційний колектор від вул. Мостицької до Головного міського колектора (рис. 5). У процесі будівництва сполучаються різні технології прокладання інженерних мереж, але значна частина колектора будується за допомогою прохідницького щита 2,61 м. Діаметр труб, що прокладаються – 1800 мм. Передбачено будівництво 8-ми монолітних камер гасіння. Загальна довжина колектору – 4 890 м, глибина прокладання – від 9,5 м до 63 м.

Зазвичай щит при кожному просуванні пересувається вперед на 500 мм. Потім відразу закріплюють нестійкі ґрунти. Забезпечується безпека проведення робіт та виключається можливість обвалення забою в бік щита. У простих геологічних умовах, особливо в однорідних зв'язних ґрунтах, застосовуються повністю механізовані щити. Звільнена від ґрунту частина

забою облицьовується бетонними елементами. Щоб уникнути обвалення ґрунту за обробленням проводиться заповнення пустот розчином. Якщо колектор розташовується нижче рівня ґрунтових вод і потрібне забезпечення водонепроникності його стінок, то крім установки зовнішньої бетонної обробки застосовується додаткове внутрішнє облицювання з сегментних плит, при установці якої має бути забезпечене надійне з'єднання і ущільнення їх між собою. Це досягається закачуванням між ними спеціального розчину. У багатьох випадках для забезпечення водонепроникності застосовується покриття внутрішньої поверхні бетонного облицювання набризк-бетоном. Для опускання щита на проектну відмітку і його подальшого витягання на денну поверхню після закінчення прокладки тунелю або штольні потрібне спорудження спеціальних шахт. Вони споруджуються круглого або, в окремих випадках, прямокутного перерізу. Їх облицьовують, і в подальшому можуть використовувати в якості контрольних шахт для огляду збірних колекторів або водовідведення цих каналів. Якщо щитова проходка повинна здійснюватися під відкритими водними поверхнями або нижче рівня ґрунтових вод необхідно проведення заходів, що забезпечують можливість роботи в сухих умовах. Водозниження при застосуванні щитової проходки, як правило, дешевше і менш складно в здійсненні, ніж застосування обтискуванням стисненим повітрям. Однак у всіх випадках повинен бути забезпечений спосіб безперебійного водопониження. Наслідків обвалення порід можна уникнути, якщо через водонасичені ґрунти перед проходкою подаватиметься стиснене повітря. Тиск стисненого повітря при цьому визначається величиною тиску води і перше має бути дещо більше другого. Тиск води на конструкції кесона при цьому буде різний і визначається зануренням даної частини конструкції нижче рівня ґрунтових вод. В деяких випадках є необхідність застосування хімічного закріплення ґрунтів для підвищення їх міцності. Враховуючи складні гідрогеологічні умови, на певних ділянках виконується будівельне водозниження та штучне заморожування ґрунтів.



Рисунок 5 – Будівництво каналізаційного колектору за допомогою прохідницького щита

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Мухопад М.Д. Транспортні машини / М.Д. Мухопад. — Харків: Вид-во “Основа”, 1993. – 192 с.
2. Гірничий енциклопедичний словник: в 3 т. / За ред. В.С. Білецького. — Донецьк: Східний видавничий дім, 2001—2004.
3. Горбатов П.А. Гірничі машини для підземного видобування вугілля / П.А. Горбатов. - Донецьк, 2006
4. Алексеев В.В. Стационарные машины / В.В. Алексеев : Учеб. для вузов. – М.: Недра, 1989. – 416 с.: ил.
5. Картавый Н.Г. Стационарные машины / Н.Г. Картавый. – М.: Недра, 1981. – 328 с.
6. Мікротунелювання [Електроний ресурс]. – режим доступу: <http://kpsb.com.ua/ua/technology/trenchless/hddrilling>