

## ОСОБЛИВОСТІ БЕЗТРАНШЕЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ПРОКЛАДАННЯ ТРУБОПРОВІДІВ СПОСОБОМ МІКРОТУНЕЛЮВАННЯ

Т.Ю. Пиріг, Л.Я. Побережний, В.Б. Запхляк, В.Ю. Цюрак

ІФНТУНГ; 76019, Івано-Франківськ, Карпатська 15,  
e-mail: pyrigtu@gmail.com

Наведено переваги безтраншейної технології прокладання трубопроводів порівняно з існуючими траншейними способами. Подано опис технології та етапів організації робіт при спорудженні переходів трубопроводів через природні і штучні перешкоди та будівництві підземних інженерних комунікацій міського призначення способом мікротунелювання. Розглянуто особливості проведення технологічних операцій на кожному з етапів виконання робіт. Наведено технологічні схеми, номенклатура і технічні характеристики мікротунельних прохідницьких комплексів провідних світових виробників з гідравлічним, механічним і пневматичним транспортом розробленого ґрунту із вибою.

Ключові слова: мікротунельний прохідницький комплекс, прохідницька машина, домкратна станція, котлован, бентонітовий розчин.

Приведены преимущества бестраншейной технологии прокладки трубопроводов по сравнению с существующими траншейными способами. Представлено описание технологии и этапов организации работ при сооружении переходов трубопроводов через естественные и искусственные препятствия и строительстве подземных инженерных коммуникаций городского назначения способом микротоннелирования. Рассмотрены особенности проведения технологических операций на каждом из этапов выполнения работ. Приведены технологические схемы, номенклатура и технические характеристики микротунельных проходческих комплексов ведущих мировых производителей с гидравлическим, механическим и пневматическим транспортом разработанного грунта из забоя.

Ключевые слова: микротоннельный проходческий комплекс, проходческая машина, домкратная станция, котлован, бентонитовый раствор.

The advantages of the trenchless technology of pipelines laying as compared to the existing trench methods are presented. The technology and stages of organization of work in the construction of pipeline crossings through natural and artificial obstacles and construction of urban underground engineering communications by means of microtunnelling are described. The peculiarities of technological operations at each stage of work are considered. The technological schemes, nomenclature and technical characteristics of tunnel borers of the leading world manufacturers with hydraulic, mechanical, auger and pneumatic transport of the developed soil from the bottom are presented.

Key words: tunnel borers, tunneling machine, jack station, foundation pit, bentonite solution.

### Вступ

Існуючі траншейні способи спорудження переходів трубопроводів через природні (річки, озера, яри, лісові масиви, сільськогосподарські угіддя) і штучні (залізниці, трамвайні колії, автомобільні дороги, злітно-посадкові смуги) перешкоди та будівництва підземних інженерних комунікацій міського призначення (мереж електро-, водо- і теплопостачання, каналізації) поряд з перевагами мають ряд суттєвих недоліків і повною мірою не відповідають сучасним вимогам – необхідному рівню конструктивної надійності та захисту навколишнього середовища. Порівняно з ними безтраншейна технологія прокладання трубопроводів має ряд переваг, які можна розділити на три групи:

- виробничо-технічні:

а) можливість прокладання трубопроводів під річками, озерами, ярами, лісовими масивами та сільськогосподарськими угіддями, в специфічних ґрунтах (скельні породи, пливуні тощо), під діючими залізницями, автомобільними дорогами та злітно-посадковими смугами, в охоронних зонах високовольтних повітряних ліній електропередачі, магістральних газо-,

нафто- та продуктопроводів, в умовах щільної житлової забудови міст при проходженні траси під автомобільними дорогами, трамвайними коліями, скверами, парками та об'єктами міської інфраструктури, на території промислових підприємств, включаючи введення трубопроводів у виробничі корпуси в умовах діючого виробництва;

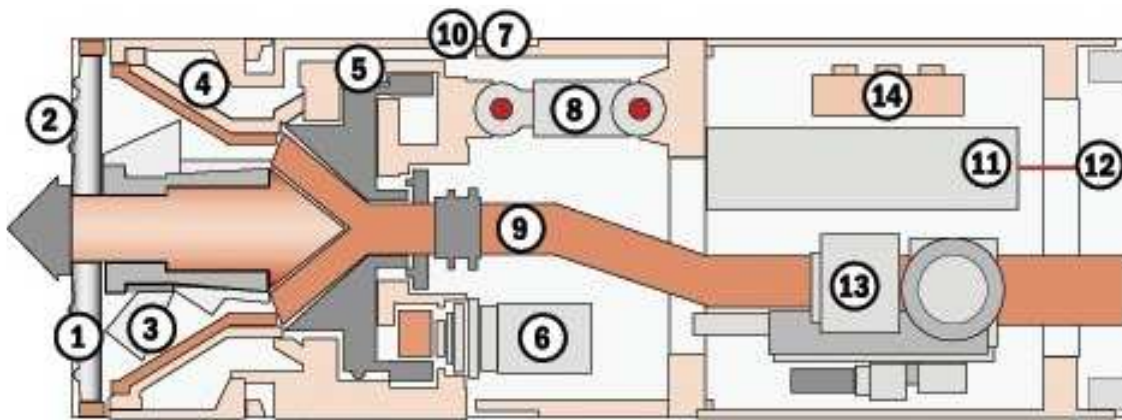
б) скорочення обсягу та термінів організаційно-технічних узгоджень перед початком робіт;

в) значне скорочення термінів виконання робіт за рахунок використання високотехнологічного устаткування з високою швидкістю проходки;

г) значне скорочення кількості залученої для прокладання трубопроводів важкої техніки та робочої сили;

д) відсутність необхідності в зовнішніх джерелах енергії при виконанні робіт у зв'язку з повною автономністю устаткування;

е) значне зниження ризику виникнення аварійних ситуацій і, як наслідок, гарантія тривалого збереження трубопроводів в робочому стані.



1 – робочий орган (ротор); 2 – різальний інструмент; 3 – дробильний простір;  
4 – отвір для подачі води; 5 – головний підшипник; 6 – силовий привід; 7 – прокладка;  
8 – домкрат управління; 9 – транспортний трубопровід; 10 – живильний трубопровід;  
11 – лазерна мішень; 12 – лазерний промінь; 13 – байпас; 14 – вентиляція

**Рисунок 1 – Конструкція проходницької машини [2]**

- фінансово-економічні:

а) зменшення кошторисної вартості спорудження трубопроводів за рахунок значного скорочення термінів виконання робіт і витрат на залучення додаткової робочої сили та важкої землерийної техніки;

б) мінімізація витрат на енергозабезпечення устаткування внаслідок його повної автономності та економічності;

в) відсутність витрат на відновлення пошкоджених ділянок залізниць, автомобільних доріг, трамвайних колій і злітно-посадкових смуг, зелених насаджень та об'єктів міської інфраструктури;

г) скорочення витрат на обслуговування та ремонт трубопроводів у процесі експлуатації.

- соціально-економічні:

а) відсутність шкоди лісовим насадженням та сільськогосподарським угіддям, розмивання берегів і донних відкладень водойм;

б) збереження природного ландшафту та екологічного балансу в місцях проведення робіт, виключення техногенного впливу на флору і фауну;

в) мінімізація негативного впливу на умови проживання людей в зоні проведення робіт.

### Викладення основного матеріалу

В рамках безтраншейної технології особливо перспективним на сьогоднішній день є спорудження переходів трубопроводів через природні і штучні перешкоди та будівництво підземних інженерних комунікацій міського призначення способом мікротунелювання. Даний спосіб представляє собою технологію автоматизованої проходки тунелю в ґрунтовому масиві з продавлюванням механізованим мікротунельним проходницьким комплексом (МТПК) секцій труб, яка виконується без присутності людей у вибої. В комплект поставки кожного виду МТПК входять проходницька машина з робочим органом (рис. 1) і комплектом обладнання для активного привантаження вибою, система транспорту та приймання роз-

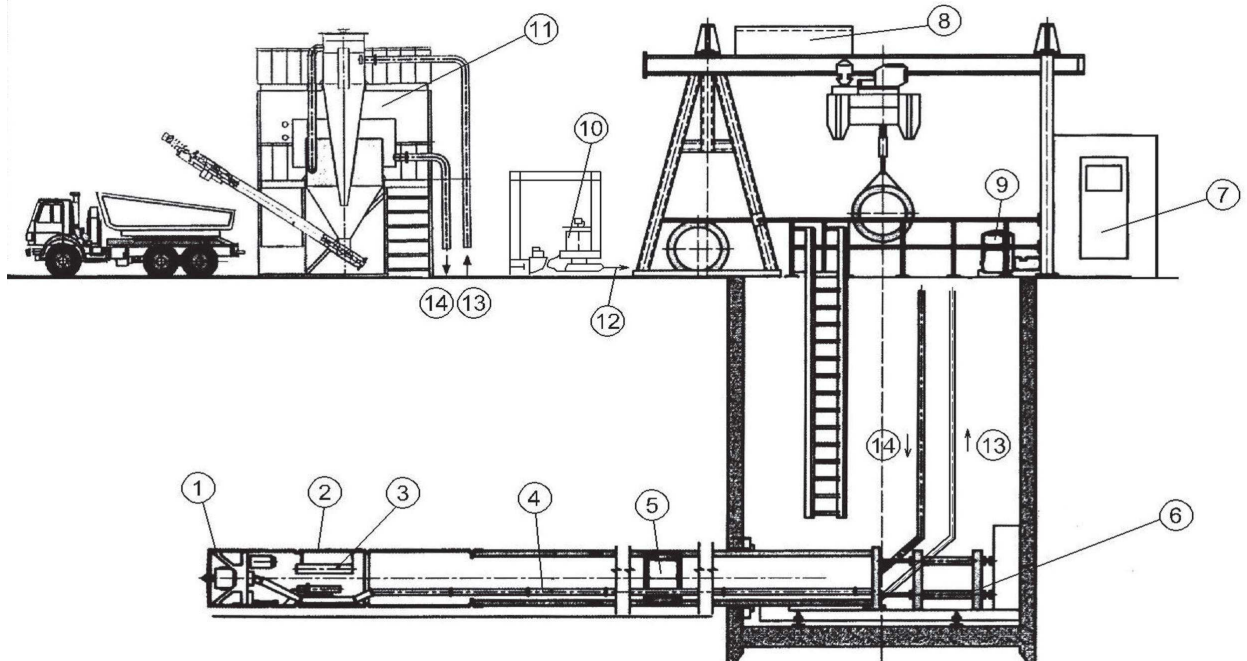
робленого ґрунту, силова продавлювальна установка (домкратна станція), кранова установка, система управління і контролю положення МТПК в просторі (лазерна установка, яка включає лазер, нерухомо встановлений в стартовому котловані, лазерну мішень, змонтовану на проходницькій машині, курвиметр з давачем кутових переміщень, закріплений біля стартового ущільнення, та кабель для передачі даних на комп'ютер), стартове і кінцеве ущільнення, які монтуються на стінах стартового та приймального котлованів відповідно, установка для приготування і нагнітання бентонітового розчину, комунікаційні шланги та кабелі. На даний час використовуються МТПК для прокладання трубопроводів діаметром від 0,2 до 3,6 м [1].

Суть технології мікротунелювання полягає в тому, що проходка в ґрунті здійснюється проходницькою машиною (мікрощитом), поступальний рух якої забезпечує потужна домкратна станція, встановлена в котловані на глибині, яка відповідає глибині прокладання трубопроводу (рис. 2). Глибина прокладання трубопроводу повинна складати в стійких ґрунтах не менше двох діаметрів, а в нестійких ґрунтах – не менше трьох діаметрів від поверхні землі до верхньої твірної трубопроводу. За допомогою гідравлічних домкратів здійснюється проходка мікрощита в ґрунті на довжину, яка відповідає довжині використовуваних секцій труб, після чого на домкратну станцію встановлюється наступна труба і процес повторюється. Розробка ґрунту при проходці проводиться робочим органом проходницької машини. Весь процес проходки тунелю здійснюється з контейнера управління, який встановлений на поверхні і оснащений електронною технікою.

Прокладання трубопроводу способом мікротунелювання здійснюється в чотири етапи [3]:

- перший етап – підготовка стартового і приймального котлованів;

- другий етап – спуск і монтаж в стартовому котловані домкратної станції та мікрощита,



- 1 – ротор прохідницької машини; 2 – корпус прохідницької машини; 3 – система навігації;  
 4 – гідротранспорт ґрунту; 5 – проміжна домкратна станція; 6 – домкратна станція;  
 7 – контейнер управління; 8 – кранова установка; 9 – водяний насос; 10 – бентонітова установка;  
 11 – сепараційна установка; 12 – напрямок подачі бентонітового розчину;  
 13 – напрямок видалення ґрунту; 14 – напрямок подачі очищеного бентонітового розчину

**Рисунок 2 – Технологічна схема прокладання трубопроводу способом мікротунелювання [4]**

розміщення на поверхні установки для приготування і нагнітання в затрубний простір та вибій бурового (бентонітового) розчину;

- третій етап – проходка в ґрунті буровою голівкою мікрощита і прокладання трубопроводу. Розроблений ґрунт змішується з водою, яка подається у вибій по підвідній лінії водяним насосом. Отримана суспензія транспортним насосом по відвідній лінії подається у контейнер-відстійник, встановлений на поверхні, після чого осаджений ґрунт вивозиться. Поетапне нарощування нитки трубопроводу забезпечує подальшу проходку мікрощита до виходу в приймальний котлован;

- четвертий етап – завершення робіт. З приймального котловану витягується мікрощит, а зі стартового котловану – домкратна станція.

Організація робіт з прокладання трубопроводу способом мікротунелювання передбачає:

- підготовку будівельного майданчика до робіт, в тому числі, огороження робочих ділянок, влаштування проїздів для транспорту і проходів для персоналу, тимчасових побутових приміщень, складів і навісів та утеплення розчинних вузлів;

- забезпечення ділянки виконання робіт електроенергією, водою і стисненим повітрям;

- перекладання існуючих інженерних комунікацій, які перешкоджають спорудженню стартового і приймального котлованів;

- підведення інженерних комунікацій (електроенергія, водопровід тощо);

- геодезичну розбивку траси і виноску в натуру осі трубопроводу, габаритів стартового і приймального котлованів та маркшейдерську розмітку осі трубопроводу на стіні стартового котловану (за нею виконується закріплення лазерного кронштейна, встановлення лазера і наведення променя лазера в заданому напрямку);

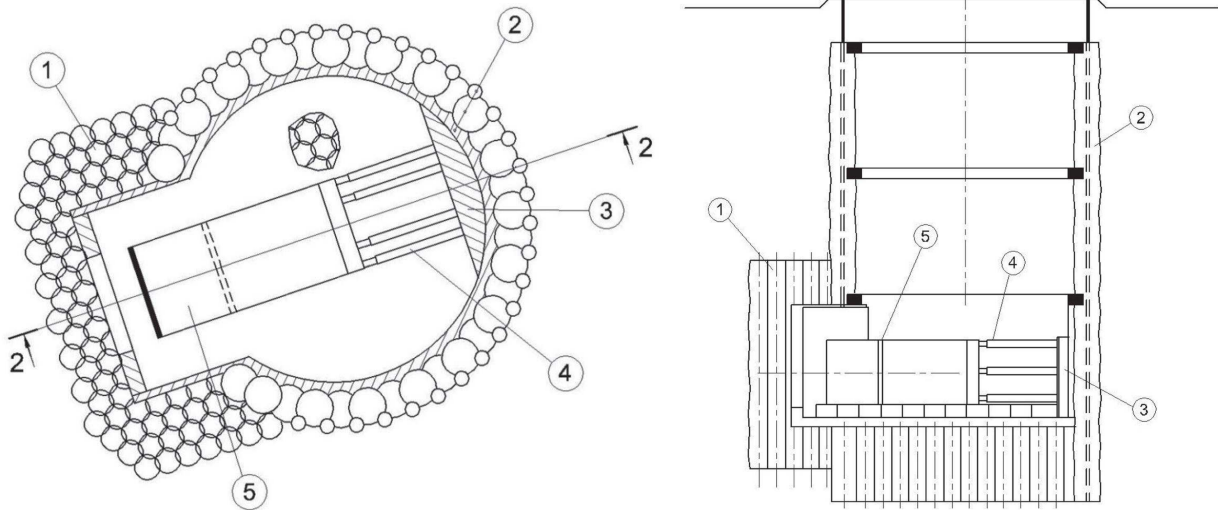
- влаштування котлованів із застосуванням, при необхідності, спеціальних способів виконання робіт;

- доставку, розміщення, підключення і перевірку технологічного обладнання, доставку та складування будівельних матеріалів;

- контроль справності і працездатності технологічного обладнання та локаційної системи;

- розроблення і дотримання заходів промислової та протипожежної безпеки.

В плані стартовий і приймальний котловани можуть бути круглими (рис. 3) або квадратними. Мінімальні діаметри круглих та розміри прямокутних котлованів визначаються в залежності від габаритів мікротунельного прохідницького і допоміжного обладнання (змішувальне і нагнітальне обладнання для тампонажних розчинів, що нагнітаються за огороження котлованів зі збірних елементів, та бентонітових розчинів, що нагнітаються в привибійну зону і за оболонку прохідницької машини та прокладувані секції труб). Глибина стартового і приймального котлованів визначається в залежності від глибини прокладання трубопроводу, габаритів мікротунельного прохідницького обладнання та технології виконання робіт по мікро-



1 – зміцнення ґрунту ґрунтоцементними пальями; 2 – залізобетонне оббетонування по периметру стін котловану; 3 – упорна плита; 4 – домкратна станція; 5 – прохідницька машина

**Рисунок 3 – Схема влаштування стартового і приймального котлованів (з огородженням із ґрунтоцементних паль) [6]**

тунелюванню. Відстань між стартовим і приймальним котлованами приймається в залежності від технічних можливостей МТПК, інженерно-геологічних і гідрогеологічних властивостей ґрунтового масиву до 150 м, а при проектуванні підземної виробки діаметром понад 1000 мм та застосуванні проміжних домкратних станцій – 1000 м.

При розташуванні стартового котловану у водонасичених пісках для введення прохідницької машини в ґрунтовий масив на довжині не менше 2 м проводиться стабілізація ґрунту спеціальними способами виконання робіт – ін'єкційним зміцненням або заморожуванням і використовується спеціальне ущільнює кільце, що входить в комплект обладнання МТПК [5].

Для спорудження котлованів застосовуються різні способи виконання робіт або їх поєднання:

- гірський спосіб з використанням інвентарних швелерних кілець, рамного кріплення, залізобетонних блоків або чавунних тубінгів;
- спосіб опускного кріплення з використанням бентонітової сорочки або механізованих стволопрохідницьких комплексів;
- спосіб влаштування “стіни в ґрунті” із буросічних і/або ґрунтоцементних паль;
- шпунтове огородження;
- проходка з використанням спеціальних способів виконання робіт (ін'єкційне зміцнення або заморожування ґрунтів).

Залежно від способу спорудження котлованів виконуються наступні операції:

- розроблення і видалення ґрунту;
- влаштування огородження котлованів;
- нагнітання тампонажного розчину за огородження котлованів (для огорожень зі збірних залізобетонних або металевих елементів);
- влаштування внутрішнього бетонного вирівнювального огородження по периметру стін

котлованів із буросічних або ґрунтоцементних паль;

- бетонування основи (днища) котлованів і упорної плити на задній стіні стартового котловану;

- встановлення стартового і кінцевого ущільнень, які монтуються на стінах стартового і приймального котлованів відповідно.

Спосіб спорудження стартового і приймального котлованів вибирається в залежності від їхньої глибини, форми і розмірів та інженерно-геологічних і містобудівних умов ділянки будівництва.

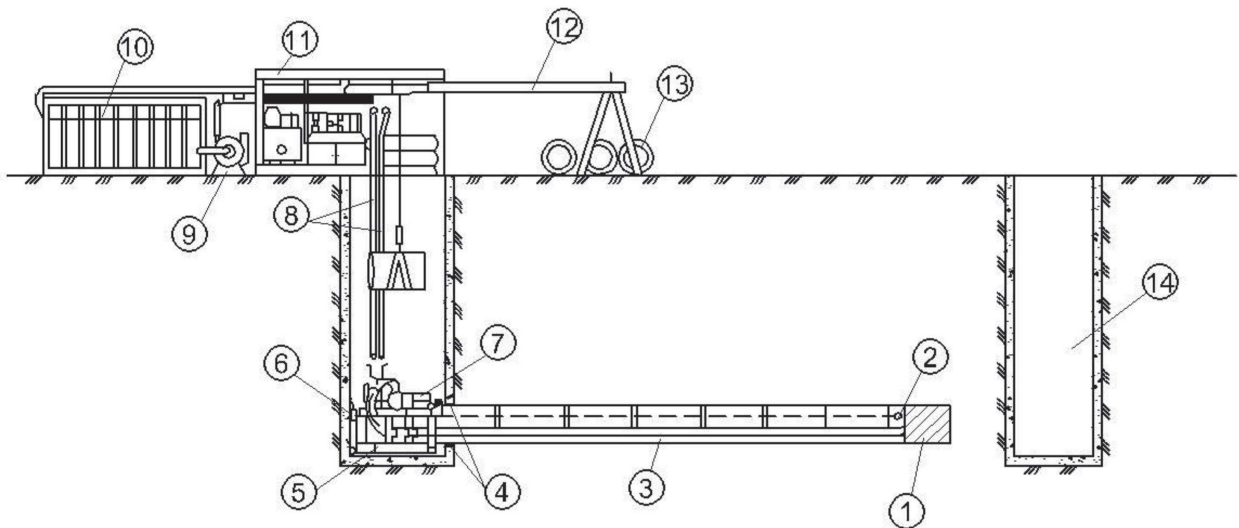
Монтаж технологічного обладнання для мікротунелювання включає проведення наступних операцій:

- встановлення вантажопідйомного обладнання та установок для приготування бентонітового і тампонажного розчинів;
- монтаж МТПК;
- перевірку функціонування комплексу;
- перестановку МТПК по фронту виконання робіт.

Вантажопідйомне обладнання встановлюється на денній поверхні для спуску в котлован і монтажу елементів МТПК, доставки секцій труб до домкратної станції та вивантаження ґрунту. МТПК встановлюється в проектне положення відносно осі проектного трубопроводу в плані і по висоті. Домкратна станція встановлюється і скоригується по променю лазера, а її положення зафіксується шляхом заповнення зазору між упорною плитою домкратної станції та задньою стіною котловану швидкозастигаючим будівельним розчином. Прохідницька машина опускається в котлован і зафіксується на домкратній станції з підключенням її до відповідних шлангів та кабелів контейнера управління.

МТПК, які використовуються при мікротунелюванні і представляють собою комплект





1 – прохідницька машина; 2 – лазерна мішень; 3 – подвійний транспортний трубопровід; 4 – стартове ущільнення; 5 – домкратна станція; 6 – лазерна установка; 7 – транспортний насос; 8 – гнучкі з'єднувальні трубопроводи; 9 – водяний насос; 10 – контейнер-відстійник; 11 – контейнер управління; 12 – кранова установка; 13 – секції труб; 14 – приймальний котлован

**Рисунок 4 – Технологічна схема МТПК з гідравлічним транспортом ґрунту [7]**

підземного та наземного обладнання і пристроїв, забезпечують механізоване та дистанційно-кероване виконання наступних основних операцій:

- розроблення в різних ґрунтах підземної виробки певного діаметру і заданого напрямку, що проходить із стартового в приймальний котлован, з одночасним утриманням вибою та кріпленням стін виробки;

- продавлювання секцій труб (трубопроводу, колектора, тунелю);

- транспортування розробленого ґрунту із вибою на поверхню з одночасним контролем його обсягу.

Залежно від типу МТПК встановлюється відповідне обладнання системи видалення ґрунту:

- при гідравлічному транспорті – транспортний насос в котловані і циркуляційна система на поверхні (рисунок 4);

- при механічному шнековому транспорті котлован обладнується баддею для завантаження розробленого ґрунту і видачі його на поверхню (рисунок 5);

- при пневматичному транспорті – циркуляційна система на поверхні (рисунок 6).

При спорудженні переходів трубопроводів через природні і штучні перешкоди та будівництві підземних інженерних комунікацій міського призначення способом мікротунелювання найбільш широко застосовуються МТПК фірм “Herrenknecht AG” (таблиця 1), “Wirth-Soltau” (таблиця 2), “Lovat” (таблиця 3), “Akkerman” (таблиця 4), “Decon” (таблиця 5), “Bohrtec” (таблиця 6) і “Noel” (таблиця 7).

Залежно від інженерно-геологічних умов мікротунелювання і характеристик ґрунтів рекомендується:

- в нестійких водонасичених середньо- і крупнозернистих пісках, піщано-гравелистих та

скельних ґрунтах застосовувати МТПК з гідропривантаженням вибою;

- в стійких нескельних та водонасичених мулистих ґрунтах застосовувати МТПК з ґрунтовим привантаженням вибою.

При прокладанні трубопроводу способом мікротунелювання виконуються такі операції:

- просування прохідницької машини з причіпними елементами і секціями труб;

- нагнітання бентонітового або пінорозчину у вибій;

- прокладання трубопроводу;

- ведення маркшейдерського контролю;

- видалення ґрунту.

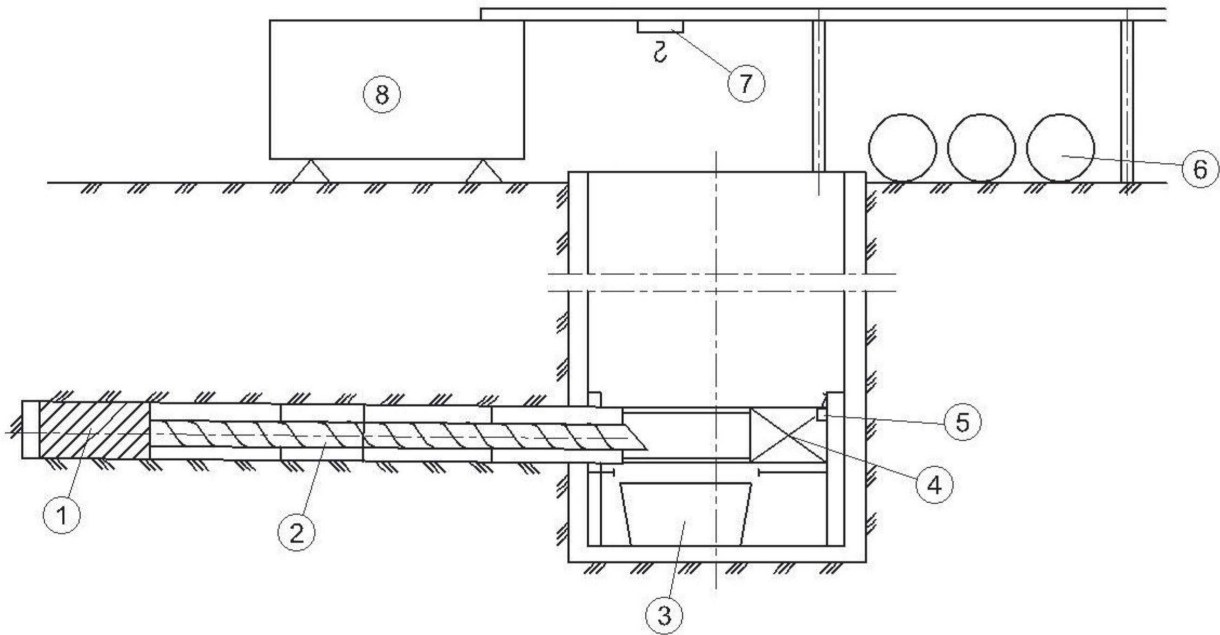
При просуванні прохідницької машини необхідно:

- вибрати напрямку руху робочого органу прохідницької машини;

- включити привід і відрегулювати число оборотів робочого органу прохідницької машини;

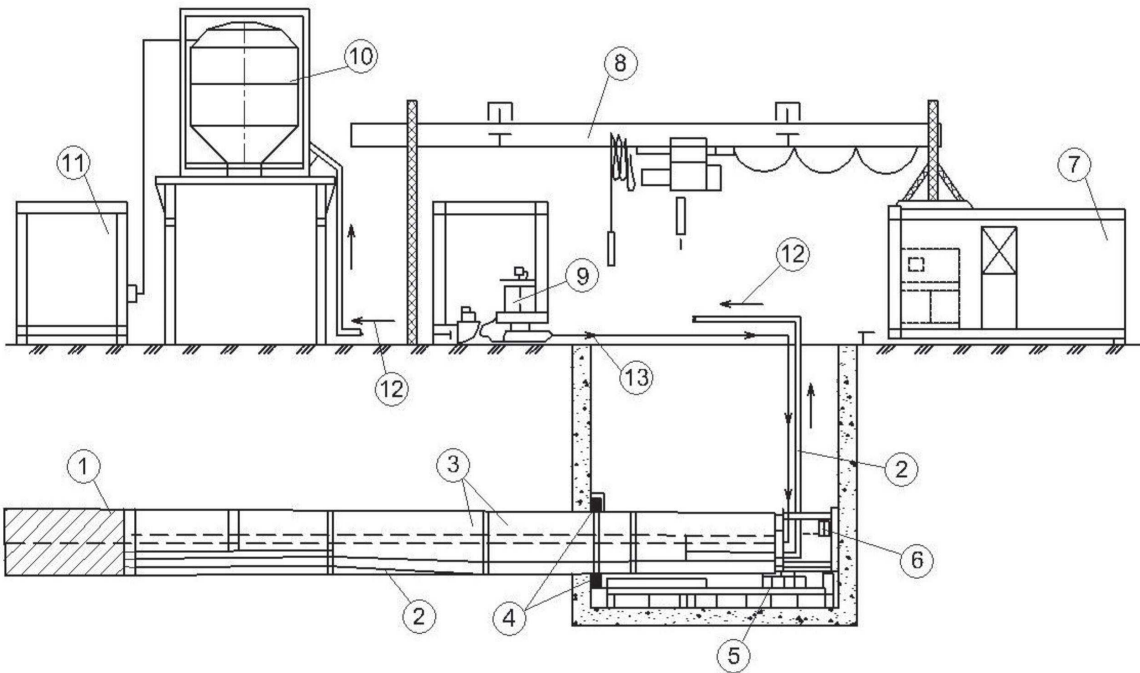
- просунути прохідницьку машину.

Вибір напрямку руху робочого органу прохідницької машини виконується шляхом розміщення центру променя лазера на екрані монітора з лазерною мішенню, встановленою на прохідницькій машині. Регулювання числа оборотів робочого органу прохідницької машини виконується за величиною крутного моменту в залежності від ґрунтових умов. Просування прохідницької машини з причіпними елементами і секціями труб виконується шляхом включення та висунення гідроциліндрів домкратної станції з подальшим переведенням їх висунення в автоматичний режим. У міру просування прохідницької машини і прокладання трубопроводу виконується стикування чергових секцій труб до раніше змонтованих. Спосіб мікротунелювання прокладаються трубопроводи, що споруджуються зі сталевих, залізо-



1 – прохідницька машина; 2 – шнековий транспортний трубопровід; 3 – баддя для ґрунту;  
4 – домкратна станція; 5 – лазерна установка; 6 – секції труб; 7 – кранова установка;  
8 – контейнер управління

Рисунок 5 – Технологічна схема МТПК з механічним шнековим транспортом ґрунту [7]



1 – прохідницька машина; 2 – транспортний трубопровід; 3 – секції труб;  
4 – стартове ущільнення; 5 – домкратна станція; 6 – лазерна установка; 7 – контейнер управління;  
8 – кранова установка; 9 – установка для приготування і нагнітання бентонітового розчину;  
10 – ґрунтоприймальний контейнер; 11 – вакуумно-витяжний контейнер;  
12 – напрямок видалення ґрунту; 13 – напрямок подачі бентонітового розчину

Рисунок 6 – Технологічна схема МТПК з пневматичним транспортом ґрунту [7]

бетонних, полімербетонних труб і труб із склопластику. Для влаштування захисних футлярів для трубопроводів залежно від призначення трубопроводу, технології виконання робіт, глибини прокладання та інженерно-геологічних умов застосовуються залізобетонні, полімер-

бетонні, поліетиленові і хризотилцементні труби. Довжина секцій труб для продавлювання визначається залежно від розмірів стартового котловану і типу домкратної станції. Рекомендована довжина секцій труб складає 2-3 м.

Таблиця 1 – Номенклатура і технічні характеристики МТШК фірми “Неггенкпешт АГ” (Німеччина) [9]

Модель	Внутрішній діаметр труб, мм	Зовнішній діаметр труб (максимальний діаметр), мм	Довжина секції труби, м	Крутний момент робочого органу, кН·м	Швидкість обертання різальної головки, об/хв	Потужність обладнання (номінальна потужність головного приводу), кВт	Зусилля (на циліндр)/ тиск масла, кН/бар	Діаметр труби для транспорту води і пульпи, мм	Діаметр стартового/ приймального котловану, м	Розміри стартового/ приймального котловану, м	Маса, т
<b>МТШК з гідравлічним транспортом ґрунту</b>											
AVN 250	250	360 (400)	1-2	5,9	0-44	45	116/500	55	2-3/1,5	-/1,5×1	0,85
AVN 300	300	400 (550)	1-2	9,4	0-27	45	245/500	55	2-3/1,6	-/1,6×1	0,85
AVN 400	400	550 (650)	1-2	13,4	0-19	45	245/500	80	2,5-3/1,6	-/1,6×1	1,1
AVN 500	500	650 (780)	1-2	22,2	0-15	45	311/500	100	3/2,3	-/2,3×1,2	3
AVN 600	600	780 (860)	1-2	33,5	0-13	45	311/500	100	3/2,4	-/2,4×1,4	3,8
AVN 700	700	860 (960)	1-2	40,1	0-11	55	311/500	100	3-3,2/2,5	-/2,5×1,5	4,4
AVN 800	700 (800)	960/1090 (1090/1280)	2-3	55 (90)	0-7,4 (0-7,1)	55 (75)	393/500	100	3,2/3 (4,57/3,4)	4,5×3,5/ 2,9-3,2×2	4,5 (6,2)
AVN 1000	1000	1280 (1490)	2-3	150	0-5,4	75	664/500	100	4,57/3,6	4,5×3,5/ 3,4×2,5	7,6
AVN 1200	1200	1490 (1720)	2-3	195	0-3,5	75	752/500	100	4,87/4,5	5,5×4,5/ 4,5×2,5	10,5
AVN 1400	1400	1720 (1780)	2-3	281	0-3,2	90	1005/500	125	5,27-6,5/4,5	5,5×4,5/4,5×2,5	13
AVN 1500	1500	1780 (1940)	2-3	310	0-3,2	110	1005/500	125	5,27-6,5/5	5,5×4,5/4,5×2,5	17
AVN 1600	1600	1940 (2120)	2-3	310	0-3,2	110	1005/500	125	6,5/5	6,5×4,5/5×3	22
AVN 1800	1800	2120 (2400)	2-3	445	0-3,3	132	1272/500	125	7/5,5	6,5×4,5/5×3	25
AVN 2000	2000	2400 (3000)	2-3	460	0-2	132	1272/500	150	7,5/6	7×5/5,5×3,5	32
<b>МТШК з механічним шнековим транспортом ґрунту</b>											
EPB 1500	1400	1720	2,5-3	175	0-3,5	44	752/500	-	9-9,5/6	3,5×9,5/ 2,5×5,5	17
EPB 1600	1600	1940	2,5-3	175	0-3,5	44	1005/500	-	9-9,5/6	3,5×9,5/ 3×5,5	19
EPB 1800	1800	2120	2,5-3	350	0-3,5	74	1272/500	-	10/6,5	4,5×9,5/3×6	30
EPB 2000	2000	2400	2,5-3	350	0-3,5	74	1272/500	-	10/6,5	4,5×9,5/3,5×6	32
EPB 2200	2200	2700	2,5-3	500	0-3	88	770/500	-	10,5/7	5×10,5/4×6	35
EPB 2400	2400	3000	2,5-3	560	0-3	120	770/500	-	11,5/7,5	5×11/4×7	48
EPB 2600	3000	3100	2,5-3	560	0-3	120	1005/500	-	11,5/7,5	5×11/4,5×7	50



Таблиця 2 – Номенклатура і технічні характеристики МТПК фірми “Wirth-Soltau” (Німеччина) [9]

Модель	Внутрішній діаметр труб, мм	Зовнішній діаметр труб (максимальний діаметр), мм	Довжина секції труби, м	Крутний момент робочого органу, кН·м	Швидкість обертання різальної головки, об/хв	Потужність обладнання (номінальна потужність головного приводу), кВт	Діаметр труби для транспорту води і пульпи, мм	Зусилля подачі, кН	Діаметр стартового/ приймального котловану, м	Розміри стартового/ приймального котловану, м
<b>МТПК з гідравлічним транспортом ґрунту</b>										
RVS-100AS	250-600	780	1	17	30	53,8	75	1150	2/1,2	-
RVS-250AS	250-800	1000	2	29,7	25	83,2	100	2500	3,2/2,5	-
RVS-300AS	600-1000	1400	2	67,5	20	110	100	3400	3,6	-
RVS-400AS	900-1400	1700	3	243	18,8	125	125	4500	4-5/2,5-3,5	3,4×4
RVS-600AS	900-2100	2400	3	357	15,5	169	150	6000	5,5	4,5×4
RVS-800AS	1500-2000	2500	3	-	-	-	-	8000	6/4	-
RVS-1200AS	2000-3000	3650	3	-	-	-	-	12000	-/4	9×5/-
<b>МТПК з механічним шнековим транспортом ґрунту</b>										
RVS-35A	100-250	400	-	-	-	30	-	-	2,4	-
RVS-80A	150-400	250-560	1	10,7	-	75	-	-	-	-
RVS-100A	300-400	550	-	-	-	49	-	1000	2,4	4,2×2,4
RVS-250A	450-1200	850-1500	2	-	-	90	-	2500	2-3,3	5,1×3
RVS-300A	500-1000	1275	-	67,5	-	128	-	3500	3,3	5,1×3

Таблиця 3 – Номенклатура і технічні характеристики МТПК фірми “Lovat” (Канада) [9]

Модель	Внутрішній діаметр труб, мм	Зовнішній діаметр труб (максимальний діаметр), мм	Крутний момент робочого органу, кН·м	Швидкість обертання різальної головки, об/хв	Потужність обладнання (номінальна потужність головного приводу), кВт	Зусилля подачі, кН	Діаметр стартового/ приймального котловану, м
<b>МТПК з гідравлічним транспортом ґрунту</b>							
MTS 1000	1000	1190 (1490)	71	-	132	6000	3
MTS 2000	2000	2500	350	0-8	-	8000	-
<b>МТПК з механічним шнековим транспортом ґрунту</b>							
MTS 400	400	560	11	-	75	1000	2
MTS 800	800	670	10	-	70	-	3,2
MTS 1000	1200	1200	11	-	132	3000	3



**Таблиця 4 – Номенклатура і технічні характеристики МТПК з гідравлічним транспортом ґрунту фірми “Akkerman” (Канада-США) [10]**

Модель	Внутрішній діаметр труб, мм	Зовнішній діаметр труб (максимальний діаметр), мм	Крутний момент робочого органу, кН·м	Зусилля подачі, кН	Діаметр стартового/приймального котловану, м	Розміри стартового/приймального котловану, м
SL 24	445	610 (810)	19,9	4000	4,27	4×2,75
SL 34	445	760 (960)	31,9	4000	4,27	4×2,75
SL 36	760	915 (1115)	39,1	4000	4,27	4×2,75
SL 42	915	1065 (1265)	70,2	4000	4,27	4×2,75
SL 44	915	1120 (1320)	70,2	4000	4,27	4×2,78
SL 48	915	1220 (1420)	83	4000	4,27	4×2,78
SL 51	1065	1295 (1495)	83	4000	4,27	4×2,75
SL 58	1220	1475 (1675)	83	4000	4,25	4,75×3,05
SL 65	1400	1650 (1850)	125,5	-	5	4,75×3,05
SL 72	1525	1830 (2030)	132,9	-	5	4,75×3,05
SL 79	1675	2000 (2200)	159,3	-	5	4,75×3,05

**Таблиця 5 – Номенклатура і технічні характеристики МТПК з механічним шнековим транспортом ґрунту фірми “Deson” (Великобританія) [10]**

Модель	Внутрішній діаметр труб, мм	Крутний момент робочого органу, кН·м	Потужність обладнання (номінальна потужність головного приводу), кВт	Діаметр труб для транспорту води і пульпи, мм	Зусилля подачі, кН	Діаметр стартового/приймального котловану, м	Допустима висота стовпа ґрунтової води над верхом прохідницької машини, м
1. З приводом робочого органу прохідницької машини від шнека							
RVS-100	250-400	5	45	130	1000	3	3
RVS-250	450-600	15	90	210	2500	3,35	3
RVS-300	600-800	20	125	250	3000	3,5	3
RVS-100S	250-400	18	60	80	1000	3	-
RVS-250S	500-700	30	90	100	2500	3	-
RVS-350S	800-900	85	110	125	3500	3,5	-
2. З приводом робочого органу прохідницької машини від гідромотора							
RVS-100	400	18	80	130	1000	3	5
RVS-250	500-700	30	125	210	2500	3,35	5
RVS-300	800-900	67	145	210	3000	3,5	5

**Таблиця 6 – Номенклатура і технічні характеристики МТПК з механічним шнековим транспортом ґрунту фірми “Bohrtec” (Німеччина) [11]**

Модель	Внутрішній діаметр труб, мм	Крутний момент робочого органу, кН·м	Швидкість обертання різальної головки, об/хв	Зусилля подачі, кН	Розміри стартового/приймального котловану, м	Маса, т
BM 400	620	12	60	1000	2×2	2
BM 500	1000	24	60	1600	3,2×3,2	3,5

**Таблиця 7 – Номенклатура і технічні характеристики МТПК з пневматичним транспортом ґрунту фірми “Noel” (Німеччина) [11]**

Модель	Внутрішній діаметр труб, мм	Зовнішній діаметр труб (максимальний діаметр), мм	Потужність обладнання (номінальна потужність головного приводу), кВт	Зусилля подачі, кН
MTB 064	400	630	186	2000
MTB 113	800	1113	186	5500
MTB 150	1200	1490	186	5500

Після встановлення прохідницької машини виконується монтаж системи приготування і подачі в привибійну зону бентонітового розчину для МТПК з гідравлічним привантаженням вибою або пінорозчину для МТПК з ґрунтовим привантаженням вибою та нагнітання бентонітового розчину за оболонку прохідницької машини і секції продавленних труб для запобігання просіданню денної поверхні та зменшення опору продавленню трубопроводу. Нагнітання бентонітового розчину за зовнішню поверхню прохідницької машини і секцій труб рекомендується починати при досягненні на середині довжини прокладуваної секції труби зусилля продавлення, що дорівнює 50% від величини граничного зусилля, яке створюється домкратною станцією [8]. Склад бентонітового розчину (готується з високоякісних бентонітових глинопошків) підбирається в лабораторних умовах для конкретних інженерно-геологічних умов проходки.

Ведення маркшейдерського контролю виконується шляхом постійного візуального спостереження на моніторі за положенням променя лазера на лазерній мішені і даними, що реєструються на моніторі, про позицію по висоті центру прохідницької машини відносно проектного положення, що задається променем лазера, довжину прокладки секції та час проведення технологічних операцій.

### Висновки

Основними перевагами мікротунелювання є:

висока точність по напрямку в плані і профілі (відхилення від проектної осі в межах 10-30 мм) та можливість прокладання трубопроводів як прямолінійною, так і складною криволінійною траєкторією;

висока швидкість спорудження (в середньому швидкість проходки складає 10-15 м/доб);

можливість прокладання трубопроводів на великих глибинах (до 100 м) і на значні відстані (до 1000 м);

мінімальна величина просідання денної поверхні (не перевищує 10 мм);

можливість проведення будівництва у всьому діапазоні інженерно-технологічних і гідрогеологічних умов (від слабких водонасичених ґрунтів до міцних скельних порід);

відсутність потреби проведення додаткових заходів щодо зміцнення ґрунту (заморожування, водозниження, хімічне закріплення ґрунтів тощо).

### Література

1 Типовые расчеты при сооружении и ремонте газонефтепроводов: учеб. пособие / [Л.И. Быков, Ф.М. Мустафин, С.К. Рафиков и др.]. – Санкт-Петербург: Недра, 2006. – 824 с.

2 Корзун Н.Л. Обоснование применения микротоннелирования для прокладки инженерных сетей на урбанизированных территориях /

Н.Л. Корзун, А.А. Балканов // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. – 2014. – № 1(6). – С. 50-66.

3 Пыриг Т.Ю. Бестраншейная прокладка трубопроводов способом микротоннелирования / Т.Ю. Пыриг, О.И. Савицкий // Трубопроводный транспорт-2017: тезисы докладов XII Международной учебно-научно-практической конференции, 24-25 мая 2017 г. / Уфимский государственный нефтяной технический университет; редкол.: Р.Н. Бахтизин, С.М. Султанмагомедов [и др.]. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2017. – С. 298-300.

4 Бестраншейная прокладка коммуникаций с применением микротоннелепроходческих комплексов и реконструкция трубопроводов с применением специального оборудования: ТСН 40-303-2003. – М.: Тоннельная ассоциация России, ООО «ТА Инжиниринг», 2004. – 72 с.

5 Освоение подземного пространства. Микротоннелирование. Правила и контроль выполнения, требования к результатам работ: СТО НОСТРОЙ 2.27.124-2013. – М.: ООО Издательство «БСТ», 2015. – 85 с.

6 Коммуникации подземные. Проектирование и строительство закрытым и открытым способами: СП 249.1325800.2016. – М.: Минстрой России, 2016. – 98 с.

7 Лернер В.Г. Совершенствование технологии микротоннелирования при бестраншейной прокладке коммуникаций / В.Г. Лернер, А.Н. Панкратенко, Ю.Е. Соломатин, В.В. Шумаков, Б.А. Валиев // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2006. – №10. – С. 384-394.

8 Pellet-Beaucour A.-L. Experimental and analytical study of friction forces during microtunneling operations / A.-L. Pellet-Beaucour, R. Kastner // Tunnelling and Underground Space Technology. – 2002. – V. 17, №1. – P. 83-97.

9 Руководство по применению микротоннелепроходческих комплексов и технологий микротоннелирования при строительстве подземных сооружений и прокладке коммуникаций закрытым способом / [А.Н. Левченко, Б.И. Федунец, Б.А. Картозия и др.]. – М.: МГГУ, 2004. – 87 с.

10 Standard Design and Construction Guidelines for Microtunneling: ASCE/CI 36-15. – Reston: American Society of Civil Engineers, 2015. – 122 p.

11 Bergeson William. Review of long drive microtunneling technology for use on large scale projects / William Bergeson // Tunnelling and Underground Space Technology. – 2002. – V. 39. – P. 66-72.

Стаття надійшла до редакційної колегії  
11.09.17

Рекомендована до друку  
професором Грудзом В.Я.  
(ІФНТУНГ, м. Івано-Франківськ)  
канд. техн. наук Костівим В.В.  
(УМГ «Прикарпаттрансгаз»,  
м. Івано-Франківськ)