

Обґрунтування поперечного перерізу безтраншейно утворених технологічних порожнин у ґрунті для комунікацій

О.П. Посмітюха, пошукач, К.Ц. Главацький, доцент, к.т.н.,
Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна

Анотація. Запропоновані варіанти укладання комплектів комунікацій в технологічних порожнинах в ґрунті, виконаних безтраншейним способом і виконана порівняльна оцінка необхідної мінімальної площі поперечного перетину порожнини в ґрунті. Запропонований варіант робочого устаткування і принципів варіантів робочих органів для утворення технологічних порожнин в ґрунті комбінованим способом буріння і розкошування ґрунту.

Ключові слова: ґрунт, порожнина, буріння, розкошування, укладання, комунікація, технологія.

Обоснование поперечного сечения бестраншейно образованных технологических полостей в грунте для коммуникаций

А.П. Посмитюха, соискатель, К.Ц. Главацкий, доцент, к.т.н.,
Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта
имени академика В. Лазаряна

Анотация. Предложены варианты укладки комплектов коммуникаций в технологических полостях в грунте, выполненных бестраншейным способом и выполнена сравнительная оценка необходимой минимальной площади поперечного сечения полости в грунте. Предложен вариант рабочего оборудования и принципиальных вариантов рабочих органов для образования технологических полостей в грунте комбинированным способом бурения и раскатки грунта.

Ключевые слова: грунт, полость, бурение, раскатка, укладка, коммуникация, технология.

Ground of Transversal Section of Formed Without Digging of Trenches of Technological Cavities in Soil for Communications

A.P. Posmityukha, competitor, K.C. Glavackiy, associate professor, k.e.s.s.,
Dnepropetrovsk national university of railway transport of the name
of academician V. Lazaryana

Abstract. The variants of piling of complete sets of communications are offered in technological cavities in soil, executed by a bestransheynym method and the comparative estimation of necessary minimum area of cross-sectional of cavity is executed in soil. The variant of working equipment and of principle variants of workings organs is offered for formation of technological cavities in soil the combined method of the boring drilling and pinning-out of soil.

Keywords: soil, cavity, boring drilling, pinning-out, piling, communication, technology.

Вступ. Фізична суть процесу утворення технологічної порожнини у ґрунті (ТПГ) полягає в тому, що ущільнення ґрунту здійснюється коливальними рухами робочого органа, що рухається по заздалегідь прокладеному проколом технологічному отворі у ґрунті,

а площа поперечного перерізу ТПГ максимально наближена до площі поперечного

Таблиця 1

Порівняння площ ТПГ для комунікацій

№ рис.	Варіанти розташування труб та отвору
--------	--------------------------------------

1	2
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	

Таблиця 1 - продовження

№ рис.	Сумарна площа отриманого	Площа необхідного отвору	Незадіяна площа, Sp, мм ²
-----------	--------------------------------	--------------------------------	--

	отвору, мм ²	Sном, мм ²	
1	3	4	5
1	14957 зменшення на 0%	10386 зменшення на 0%	4570 зменшення на 0%
2	традиційний варіант 60071 зменшення на 0%	традиційний варіант 41548 зменшення на 0%	традиційний варіант 20774 зменшення на 0%
3	30827 зменшення на 48,7%	23640 зменшення на 43,1%	2868 зменшення на 86,2%
4	традиційний варіант 69306 зменшення на 0%	традиційний варіант 48227 Зменшення на 0%	традиційний варіант 17077 зменшення на 0%
5	44491 зменшення на 35,8%	35953 зменшення на 25,5%	4793 зменшення на 71,9%
6	46697 зменшення на 32,6%	36837 зменшення на 23,6%	5676 зменшення на 66,7%
7	традиційний варіант 87180 зменшення на 0%	традиційний варіант 60542 зменшення на 0%	традиційний варіант 18994 зменшення на 0%
8	62320 зменшення на 28,5%	50079 зменшення на 17,3%	8517 зменшення на 55,2%

перерізу комунікацій (труб, кабелів, дрен тощо) (рис. 1 - 8. табл. 1).

Аналіз публікацій. Судячи з відомої інформації безтраншейні способи прокладки комунікації передбачають утворення окремої ТПГ для окремої комунікації, тобто приклади виконання ТПГ для декількох сумісно прокладених комунікацій у науково-технічній літературі відсутні [1, 2].

Мета досліджень – визначення раціональних розмірів ТПГ.

Процеси утворення поперечних перерізів ТПГ. Енергетична складова. В попередньо розглянутих способах отримання ТПГ величина енергії E , що витрачається на виконання робіт, розподілена наступним чином (для порівняння взяті установки приблизно однієї розмірної групи, які виконують однакові об'єми робіт – та однакові розміри ТПГ).

Для шнекового буріння витрачена енергія складає $E=6,4$ кДж (розрахована по обертовому моменту на шпинделі приводу).

Для горизонтально направлено керованого буріння (ГНКБ) $E=3,2...4,4$ кДж (розрахована по обертовому моменту без витрат на локацію та маневрування).

Для пневматичного пробійника $E=0,3...1,6$ кДж (розрахована по енергії удару).

Для проколу ґрунту домкратами $E=0,4...1,4$ кДж (розрахована по насосній станції).

Для розкочування ґрунту розкатами $E=1,0$ кДж (розрахована по обертовому моменту).

Для отримання ТПГ до 200 мм цілком достатньо для формування отвору в ґрунтах, що ущільнюються, енергії в межах $0,3...1,4$ кДж, або двигуна з редуктором потужністю 1,8 кВт (при установці ККД 70%).

Аналіз розглянутих вище способів показує, що, незалежно від виробника та типу установки, середня потужність приводу більша 20 кВт. Порівнявши витрати енергії приводу з необхідною енергією для формування отвору отримуємо показник формування свердловин, що показує ККД різних способів (окрім розкочування), який коливається в межах 7...15%.

Низькі витрати енергії на формування ТПГ дають можливість подальшого дослідження способу розкочування з метою удосконалення та пошуку найбільш оптимальних конструкцій робочих органів (РО) розкатів.

Складова міцності та «сусідства». Суттєвим обмеженням використання пневмопробійників, проколу ґрунту домкратами та розкочування є значне ущільнення масиву навколо отриманої ТПГ. Під час такого ущільнення частина ґрунту деформується пластично (переміщується на деяку відстань) в результаті блокування ґрунту РО. При переміщенні ґрунт взаємодіє з іншими комунікаціями та може їх пошкодити.

Основні параметри розкатаного отвору схематично проілюстровані на рис. 1.

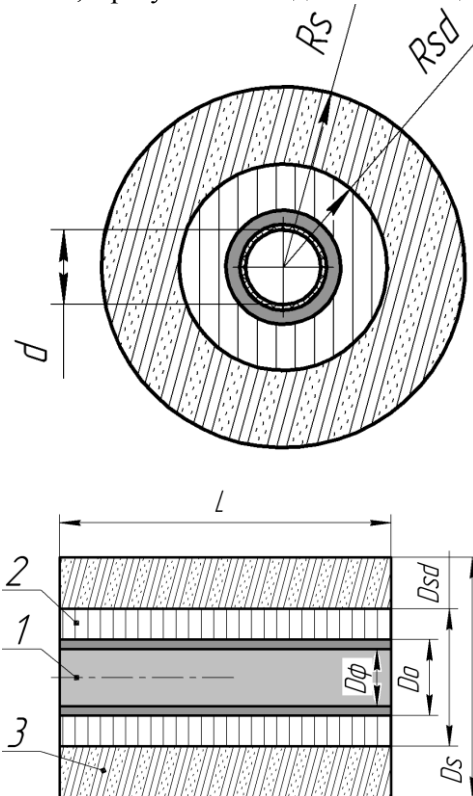
Складова площі отвору. Другою та основною причиною дослідження є нераціональне використання корисної площі поперечного перетину ТПГ. Дуже рідко при проведенні ремонтних робіт зустрічається класичний варіант: один отвір – одна комунікація (наприклад, труба чи кабель). В більшості випадків (електричні мережі, водопроводи, телефони тощо) спостерігається формула: один отвір – кілька футлярів (труб).

Авторами запропоновано ряд можливих варіантів розміщення комунікацій у ґрунті. Найбільш характерні варіанти їх взаємного розміщення наведені в таблиці 1.

Для прикладу прийнятий зовнішній діаметр труби 115 мм, а діаметр отвору для прокладання вказаної труби на 20% більший за трубу і складає 138 мм.

Решту розрахунків проводимо відповідно для прокладання двох, трьох та чотирьох труб такого ж діаметра та за умов, що для прокладання даних комунікацій площа поперечного перетину ТПГ має бути мінімум на 20% більшою за зовнішній діаметр комунікації.

Після виконання креслень існуючих і запропонованих поперечних перетинів ТПГ в масштабі 1:1, проведено автоматичне вимірювання площ отриманих фігур в програмі “Компас”, а результати зведені в таблицю 1.



1 – забій; 2 – зона найбільшого ущільнення; 3 – ущільнена зона; d – внутрішній діаметр, мм; L – довжина проходки, м; $D\phi$ – зовнішній діаметр труби або футляра, мм; D_o – діаметр отвору, отриманого в ґрунті, мм; D_s , R_s – діаметр та радіус ущільненої зони, мм; D_{sd} , R_{sd} – діаметр та радіус зони найбільшого ущільнення ґрунту, мм;

Рис. 1. Параметри отвору, отриманого способом розкатки ґрунту

Суть процесу утворення ТПГ. Після проведення робіт по проектуванню та узгодженню всіх питань, що виникають перед початком виконання робіт (напрямок проколу, траєкторія, глибина, діаметр та наявність інших комунікацій, які проходять поруч, їх вид, фо-

рма габарити та призначення), виконуються такі підготовчі операції:

- визначають напрямок майбутньої ТПГ (горизонтального отвору);
- викопують два приямки робочий та прийомний на відповідну глибину згідно плану (приямки виконують у зручних місцях з дотриманням всіх вимог ДБН щодо безпечного виконання земляних робіт на глибині;
- в залежності від необхідного діаметра та форми отвору виконують пілотне буріння;
- по пілотному отвору пропускають або розширюючий розкочуючий РО, або спочатку шнековим РО вибурюють частину ущільненого ґрунту в робочий приямок та видаляють на поверхню, а потім заводять розкочуючий РО, відповідного розміру і форми, для отримання остаточного розміру та форми ТПГ;
- в отриманий технологічний отвір втягують, за допомогою лебідки, або проштовхують сталеві чи поліетиленові труби або футляри, а в них згодом протягують електричні чи телефонні кабелі, водопроводи, каналізацію, тощо.

Розробка структурної схеми машини та РО. Авторами розроблені фізичні моделі установок (рис. 2, 3) для виконання ТПГ з використанням бурових і ущільнювальних РО. У склад першої (рис. 2) входять: здвоєна рама з опорно-ходовим пристроєм колісного типу і направляючими елементами, РО і електро-механічний привод, який складається з електродвигуна, ланцюгової передачі і редуктора, ведений вал якого з'єднаний з валом РО пружною муфтою.

У склад другої (рис. 3) входять: рама з анкерними кріпленнями її до масиву ґрунту, направляючий пристрій, РО з електро-механічним приводом і механізм подовжньої подачі РО разом з механізмом його приводу. При цьому механізм оснащений елементами його кочення по рамі установки.

РО представляють собою шнеки (рис. 2, 4) і розкатчики (рис. 5 – 7) з різними геометричними розмірами, визначеними на етапі математичного моделювання процесу утворення ТПГ з урахуванням раціональних діапазонів розмірів комунікацій.

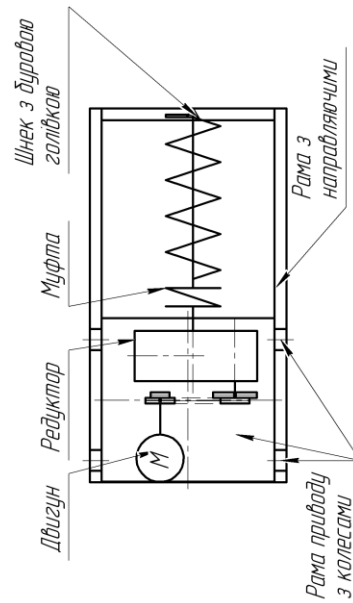


Рис. 2. Структурна схема установки привода бурових і розкочувальних робочих органів

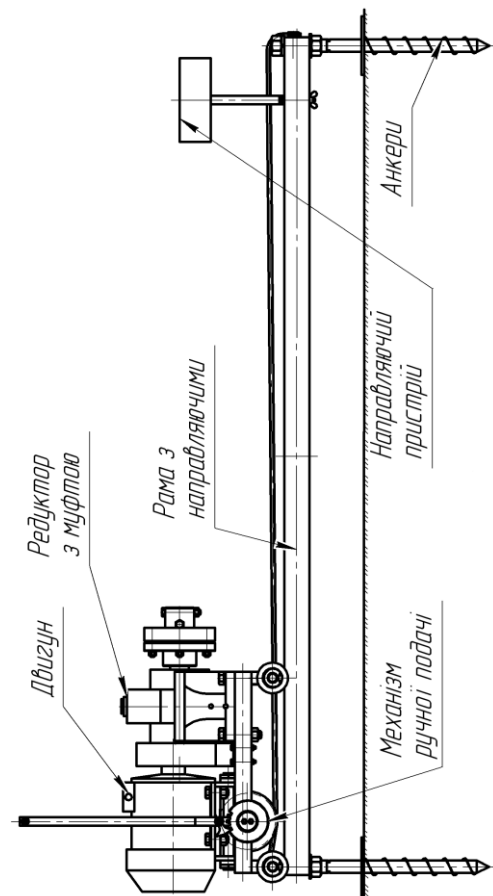


Рис. 3. Загальний вигляд установки привода розкатчиків

Варіанти виконання ТПГ. В залежності від діаметра отвору, наявності сусідніх комуні-

кацій та форми використовують відповідні варіанти виконання робіт.

Для отворів, що мають округлу форму (рис. 1, 2, 4, 7 табл. 1), використовують традиційні способи: шнекове буріння, розкочування або поєднання буріння з розкочуванням та виконують роботи в декілька етапів.

Варіант 1 – отвір малого діаметра; поблизу немає інших комунікацій. Встановлюємо привод (рис. 2, 3) установки в робочому напрямку, виконуємо прицілювання та проводимо пілотне розкочування ТПГ пілотним розкатом (рис. 5) з подальшим збільшенням отвору розширювачами за 1-2 проходи. Отримана ТПГ характеризується гладенькими міцними переуцільненими стінками, отриманими шляхом блокованого ущільнення ґрунту в робочій зоні, що суттєво збільшує стійкість стінок до обвалювання від зовнішнього навантаження та вібрацій.

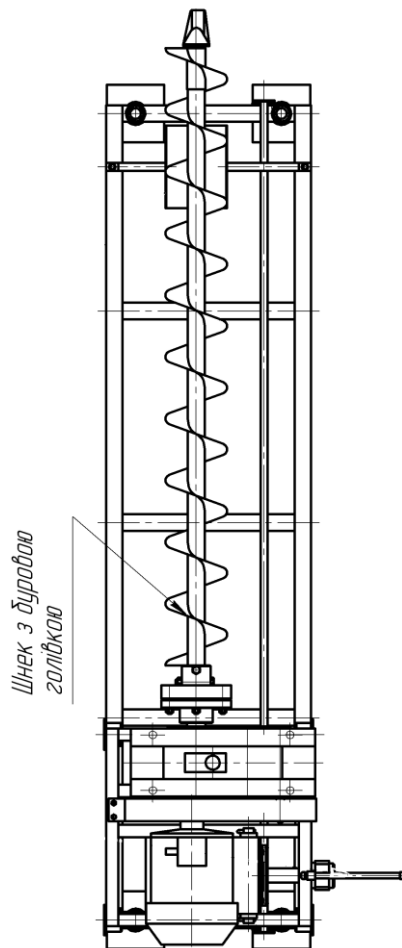


Рис. 4. Вид зверху по рис. 3

Варіант 2 – отвір великого діаметра; поблизу немає інших комунікацій. Встановлюємо привод установки (рис. 2, 3) в робочому напрямку, виконуємо прицілювання та проводимо пілотне розкочування ТПГ з подальшим збі-

льшенням отвору розширюючими розкатчиками (рис. 6, 7) за 2-4 проходи. Отримана ТПГ характеризується гладенькими надміцними переуцільненими стінками, що виконують роль футляра для комунікацій, що прокладаються всередині.

Варіант 3 – отвір великого діаметра та невеликої довжини (до 25 м); поблизу багато інших комунікацій. Встановлюємо привод установки (рис. 2, 3) в робочому напрямку, виконуємо прицілювання та проводимо пілотне шнекове буріння горизонтального отвору до діаметра на 40...80 мм меншого від потрібного. В прийомному напрямку на кінець шнекового бура замість коронки встановлюємо розкатний РО (рис. 7) відповідного діаметра та проводимо роботи по подальшому збільшенню при зворотному проході шнеків з прийомного до робочого напрямку. Отримана ТПГ характеризується гладенькими добре ущільненими на невелику глибину (приблизно в $(1-2)h$ товщини стінки, що залишилась для розробки) стінками, що виконують роль футляра для комунікацій, що прокладаються всередині.

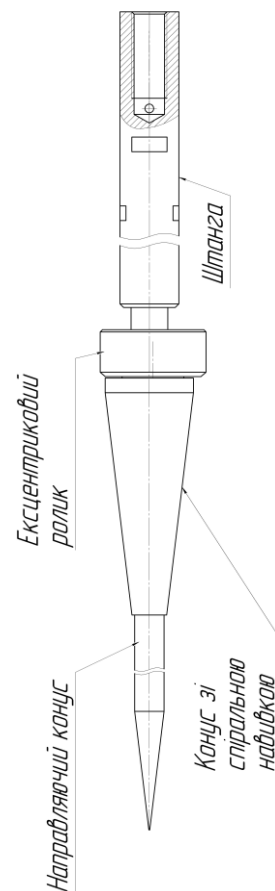


Рис. 5. Розкатчик пілотний до діаметра 50 мм

Варіант 4 – отвір великого діаметра та великої довжини (до 40 м); поблизу багато інших

комунікацій. Встановлюємо привод установки (рис. 2, 3) в робочому напрямку, виконуємо прицілювання та проводимо пілотне розкочування пілотним розкатчиком (рис. 5) горизонтального отвору мінімального діаметру. По отриманому пілотному отворі проводимо шнекове буріння горизонтального отвору до діаметра на 40...80 мм менше від потрібного.

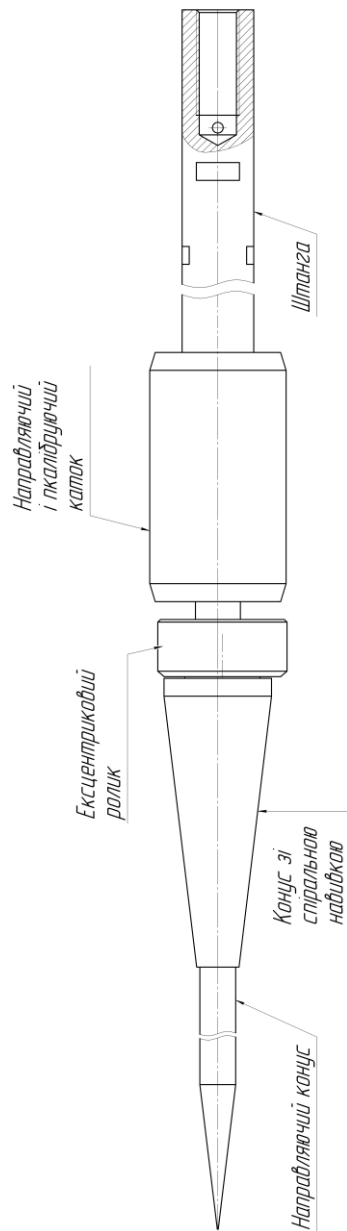


Рис. 6. Розкатчик пілотний до діаметра 75 мм

Шнекове буріння отриманого отвору збільшує точність проходки та зменшує (вирізає) товщину переуцільненого розкатом ґрунту. В прийомному напрямку на кінець шнекового бура замість коронки встановлюємо розкатний РО (рис. 7) відповідного діаметра та проводимо роботи по подальшому збільшенню при зворотному проході шнеків з прийомного до робочого напрямку. Отримана ТПГ

характеризується гладенькими добре ущільненими на невелику глибину (приблизно в $(1-2)h$ товщини стінки, що залишилась для розробки) стінками, що виконують роль футляра для комунікацій, що прокладаються в середині та відсутністю впливу на сусідні комунікації.

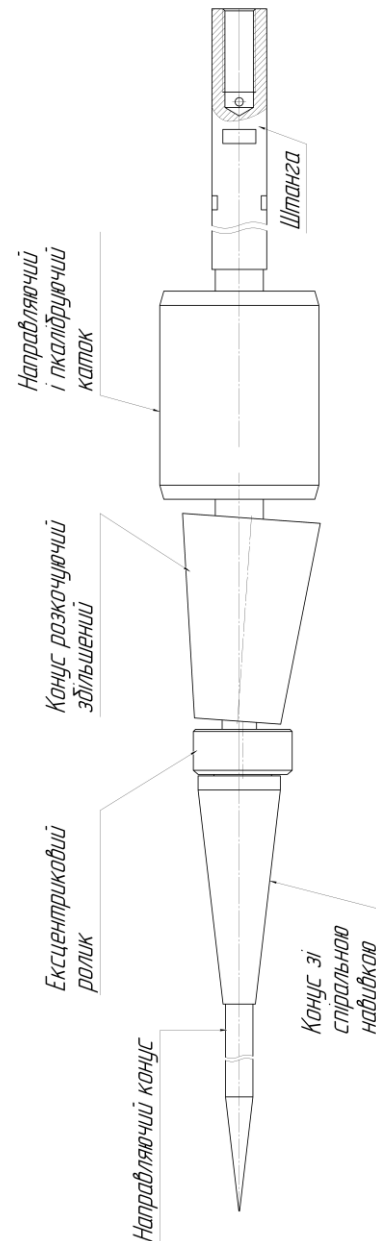


Рис. 7. Розкатчик розширювач до 115 мм

Для отворів, що мають специфічну трикутну форму (рис. 5 табл. 1), технологічний процес буде дещо видозмінено. Можна використати два варіанти: шнекове буріння круглого отвору та розкочування отвору до відповідної трикутної форми за 3 етапи або поєднання розкочування круглого отвору з подальшим розкочуванням отвору до відповідної трикутної форми поперечного перетину в декілька етапів.

Варіант 1 – отвір малого діаметра; поблизу немає інших комунікацій. Встановлюємо привод (рис. 2, 3) установки в робочому прямку, виконуємо прицілювання та проводимо пілотне розкочування ТПГ пілотним розкатом (рис. 5) з подальшим збільшенням та формуванням отвору трикутної форми розширювачами за 2-3 проходи. Отримана ТПГ характеризується гладенькими міцними переущільненими стінками, що отриманими шляхом блокування ущільнення ґрунту в робочій зоні, що суттєво збільшує стійкість стінок до обвалювання від зовнішнього навантаження та вібрацій з мінімальним поперечним перетином, що зменшить просідання ґрунту в зоні виконання робіт.

Варіант 2 – отвір великого діаметра та невеликої довжини (до 40 м); поблизу багато інших комунікацій. Встановлюємо привод установки (рис. 2, 3) в робочому прямку, виконуємо прицілювання та проводимо пілотне шнекове буріння горизонтального отвору максимально можливого діаметра до потрібної форми. В прийомному прямку на кінець шнекового бура замість коронки встановлюємо розкатні розширювачі з направляючими трикутної форми і за 2-3 проходи проводимо роботи по подальшому збільшенню та формуванню ТПГ в ґрунті при зворотному проході шнеків з прийомного до робочого напрямку. Отримана ТПГ характеризується гладенькими добре ущільненими на невелику глибину (приблизно в $(1-2)h$ товщини стінки, що залишилась для розробки) стінками, що виконують роль футляра для комунікацій, що прокладаються всередині.

Для отворів, що мають специфічну продовговату форму (рис. 3, 6, 8 табл. 1) технологічний процес буде дещо видозмінено. Можна використати два варіанти: шнекове буріння круглого отвору з розкочуванням отвору до відповідної продовговатої форми за 2-6 етапів або поєднання розкочування круглого отвору з подальшим розкочуванням отвору до відповідної продовговатої форми поперечного перетину в декілька етапів.

Варіант 1 – отвір малого діаметра; поблизу немає інших комунікацій. Встановлюємо привод (рис. 2, 3) установки в робочому прямку, виконуємо прицілювання та проводимо пілотне розкочування ТПГ пілотним розкатчиком (рис. 5). Змінивши круглий РО на продовговатий проводимо попереднє розширення отвору до проміжного діаметра. До розкатчика кріпимо кінець каната, необхідного для протягування штанг до прийомного при-

ямку. Після виходу першого розширюючого розкатчика із забою повертаємо штанги в прийомний прямокутник та встановлюємо другий (третій і т.д.) розширюючий розкатний РО з подальшим збільшенням та формуванням отвору відповідної продовговатої форми розширювачами за 2-6 проходів. Отримана ТПГ характеризується гладенькими міцними ущільненими стінками, отриманими шляхом блокування ущільнення ґрунту в робочій зоні в певному напрямку. Направленість зони ущільнення зменшує вплив деформацій ґрунту в зоні ТПГ на сусідні комунікації і значно зменшує енерговитрати не дивлячись на певну циклічність виконання робіт.

Маючи в комплекті відповідну кількість розширюючих розкатних РО та відповідну потужність приводу, весь процес отримання ТПГ у ґрунті можна виконати за 2 проходи. Прямий – для отримання пілотного отвору, а зворотній для розширення до необхідного розміру та форми підєднуючи розширюючі розкатні РО один за одним.

Варіант 2 – отвір великого діаметра та великої довжини (до 40 м); поблизу багато інших комунікацій. Встановлюємо привод (рис. 2, 3) установки в робочому прямку, виконуємо прицілювання та проводимо пілотне шнекове буріння отвору. Замінивши коронку шнекового бура на відповідної продовговатої форми розкатні РО проводимо попереднє розширення отвору до проміжного діаметра. Особливо слід відмітити, що в цьому варіанті виконання робіт, в залежності від розташування сусідніх комунікацій, отвір можна зорієнтувати як горизонтально, так і вертикально. Далі процес повторюється аналогічно першому варіанту.

Висновок. Запропоновані варіанти реалізації технологічних процесів утворення ТПГ комбінованим способом буріння і розкочування ґрунту з використанням відповідного технологічного оснащення для укладання комплектів комунікацій в технологічних порожнинах в ґрунті, виконаних безтраншейним способом і порівняльна оцінка необхідної мінімальної площі поперечного перетину порожнини в ґрунті забезпечать гарантовану якість при зменшенні енергоємності процесу і скороченні строків виконання робіт.

Література

1. <http://www.stanoknavodu.ru/snekbur>.
2. <http://www.rackat.narod.ru>.