

УДК 625.73

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. Запропоновано варіанти укладання комплектів комунікацій в технологічних порожнинах у ґрунті, виконаних безтраншейним способом, і виконано порівняльну оцінку необхідної мінімальної площі поперечного перерізу порожнини у ґрунті. Запропоновано варіант робочого устаткування і принципові варіанти робочих органів для утворення технологічних порожнин у ґрунті комбінованим способом буріння і уторування ґрунту.

Ключові слова: ґрунт, порожнина, буріння, уторування, 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

Аннотация. 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 принципиальные варианты рабочих органов для образования технологических полостей в грунте комбинированным способом бурения и раскатки грунта.

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

SUBSTANTIATING CROSS-SECTIONS OF TRENCHLESS TECHNOLOGICAL CAVITIES FORMED IN SOIL FOR UTILITY LINES

A. Posmityukha, competitor, K. Glavatskiy, Associate Professor, Candidate of
Engineering Sciences, Dnepropetrovsk National University of Railway Transport

Abstract. Ways of laying utility lines in technological cavities in soil carried out by a trenchless method have been proposed; and the comparative evaluation of necessary minimum cavity cross-section area in soil has been performed. A version of implements as well as design concepts of tools to form technological cavities in soil through a combined method of drilling and soil rolling have been proposed.

Key words: soil, cavity, drilling, rolling, laying, utility lines, technology.

Вступ

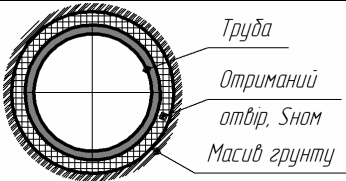
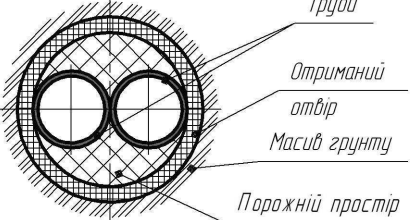
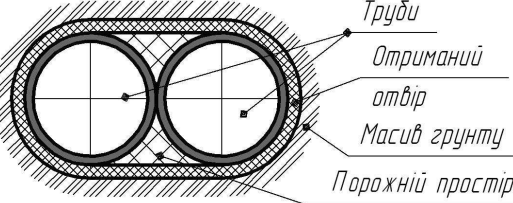
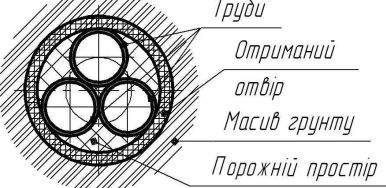
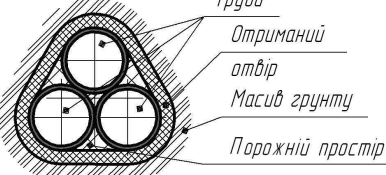
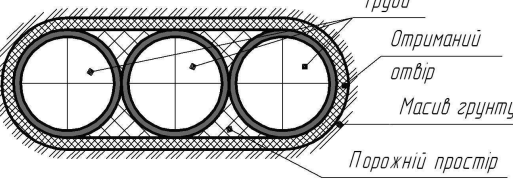
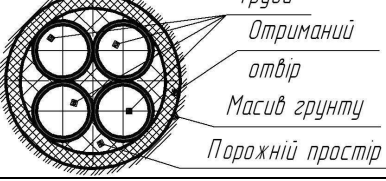
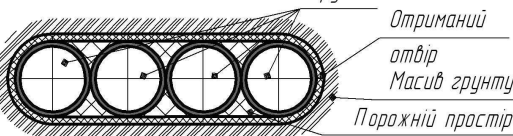
Фізична суть процесу утворення технологічної порожнини у ґрунті (ТПП) полягає в тому,

що ущільнення ґрунту здійснюється коливальними рухами робочого органа, що рухається по заздалегідь прокладеному проколом технологічному отвору у ґрунті, а площа по-

перечного перерізу ТПГ максимально наближена до площі поперечного перерізу комуні-

кацій (труб, кабелів, дрен тощо) (рис. 1–8, табл. 1).

Таблиця 1 Порівняння площ ТПГ для комунікацій

Варіанти розташування труб та отвору	Сумарна площа отриманого отвору, мм ²	Площа необхідного отвору $S_{\text{ном}}$, мм ²	Незадіяна площа, $S_{\text{п}}$, мм ²
	14957 зменшення на 0 %	10386 зменшення на 0 %	4570 зменшення на 0 %
	традиційний варіант 60071 зменшення на 0 %	традиційний варіант 41548 зменшення на 0 %	традиційний варіант 20774 зменшення на 0 %
	30827 зменшення на 48,7 %	23640 зменшення на 43,1 %	2868 зменшення на 86,2 %
	традиційний варіант 69306 зменшення на 0 %	традиційний варіант 48227 Зменшення на 0 %	традиційний варіант 17077 зменшення на 0 %
	44491 зменшення на 35,8 %	35953 зменшення на 25,5 %	4793 зменшення на 71,9 %
	46697 зменшення на 32,6 %	36837 зменшення на 23,6 %	5676 зменшення на 66,7 %
	традиційний варіант 87180 зменшення на 0 %	традиційний варіант 60542 зменшення на 0 %	традиційний варіант 18994 зменшення на 0 %
	62320 зменшення на 28,5 %	50079 зменшення на 17,3 %	8517 зменшення на 55,2 %

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 і постановка задачі

Визначення раціональних розмірів ТПГ.

Процеси утворення поперечних перерізів ТПГ. Енергетична складова

В попередньо розглянутих способах отримання ТПГ величину енергії E , що витрачається на виконання робіт, розподілено таким чином (для порівняння взято установки приблизно однієї розмірної групи, які виконують однакові обсяги робіт, та однакові розміри ТПГ).

Для шнекового буріння витрачена енергія складає $E=6,4$ кДж (розраховано за обертовим моментом на шпинделі приводу).

Для горизонтально направленою керованого буріння (ГНКБ) $E=3,2-4,4$ кДж (розраховано за обертовим моментом без витрат на локацію та маневрування).

Для пневматичного пробійника $E=0,3-1,6$ кДж (розраховано за енергією удару).

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

Для уторування ґрунту розкатами $E=1,0$ кДж (розраховано за обертовим моментом).

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 (ККД установки 70 %).

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

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

Складова міцності та «сусідства»

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

Основні параметри уторуваного отвору схематично проілюстровано на рис. 1.

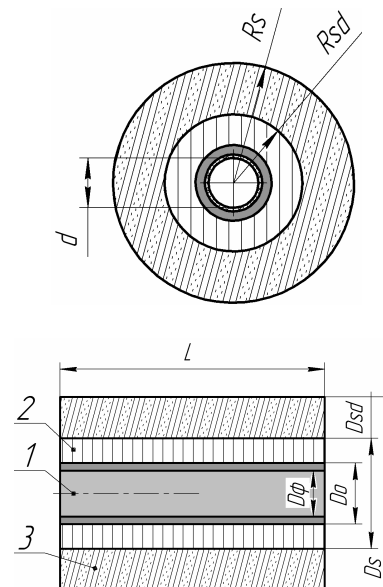


Рис. 1. Параметри отвору, отриманого способом уторування ґрунту: 1 – забій; 2 – зона найбільшого ущільнення; 3 – ущільнена зона; d – внутрішній діаметр, мм; L – довжина проходки, м; $Dф$ – зовнішній діаметр труби або футляра, мм; Do – діаметр отвору, отриманого у ґрунті, мм; Ds , Rs – діаметр та радіус ущільненої зони, мм; Dsd , Rsd – діаметр та радіус зони найбільшого ущільнення ґрунту, мм

Складова площі отвору

Другою та основною причиною дослідження є нераціональне використання корисної площі поперечного перерізу ТПГ. Дуже рідко при проведенні ремонтних робіт зустрічається

ся 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 наведено в табл. 1.

Для прикладу прийнято 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 перерізу ТПГ має бути мінімум на 20 % більшою за зовнішній діаметр комунікації.

Після виконання креслень існуючих і запропонованих поперечних перетинів ТПГ у масштабі 1:1 проведено автоматичне вимірювання площ отриманих фігур у програмі «Компас», а результати зведено в табл. 1.

Після проведення робіт із проектування та узгодження всіх питань, що виникають перед початком виконання робіт (напрямок проколу, траєкторія, глибина, діаметр та наявність інших комунікацій, які проходять поруч, їх вид, форма, габарити та призначення), виконуються такі підготовчі операції:

- визначають напрямок майбутньої ТПГ (горизонтального отвору);
- викопують два приямки – робочий та приймальний – на відповідну глибину згідно з планом (приямки виконують у зручних місцях із дотриманням всіх вимог ДБН щодо безпечного виконання земляних робіт на глибині);
- залежно від необхідного діаметра та форми отвору виконують пілотне буріння;
- по пілотному отвору пропускають або розширювальний уторувальний РО, або спочатку шнековим РО вибурюють частину ущільненого ґрунту в робочий приямок та видаляють на поверхню, а потім заводять уторувальний 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 розроблено фізичні моделі установок (рис. 2, 3) для виконання ТПГ із використанням бурових і ущільнювальних РО. До складу першої (рис. 2) входять: здвоєна рама з опорно-ходовим пристроєм колісного типу і напрямними елементами, РО і електро-механічний привід, який складається з електродвигуна, ланцюгової передачі і редуктора, тяжний вал якого з'єднаний з валом РО пружною муфтою.

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

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

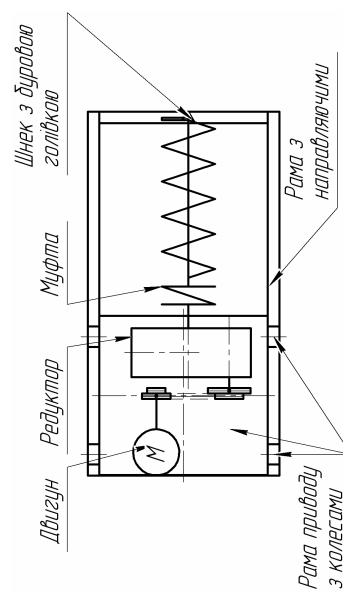


Рис. 2. Структурна схема установки приводу буро-уторувальних робочих органів

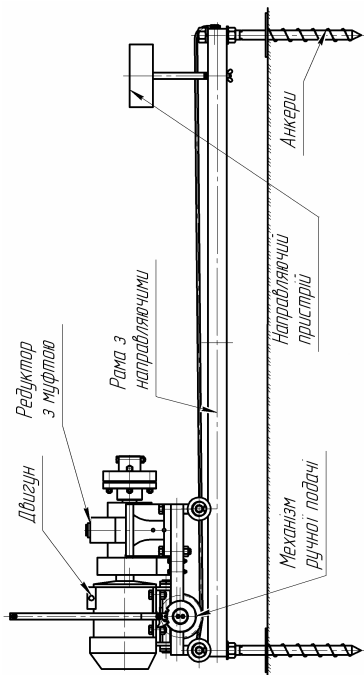


Рис. 3. Загальний вигляд установки привоу уторувальників

Варіанти виконання ТПГ

Залежно від діаметра отвору, наявності сусідніх комунікацій 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, уторування або поєднання буріння з уторуванням та виконують роботи в декілька етапів.

Варіант: 1 отвір малого діаметра; поблизу немає інших комунікацій. Встановлюємо привід (рис. 2, 3) установки в робочому приямку, виконуємо прицілювання та проводимо пілотне уторування 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.

Варіант 2: отвір великого діаметра; поблизу немає інших комунікацій. Встановлюємо привід установки (рис. 2, 3) в робочому приямку, виконуємо прицілювання та проводимо пілотне уторування ТПГ з подальшим збільшенням отвору розширювальними розкатчи-

ками (рис. 6,7) за 2–4 проходи. Отримана ТПГ характеризується гладенькими надміцними переуцільненими стінками, що виконують роль футляра для комунікацій, що прокладаються всередині.

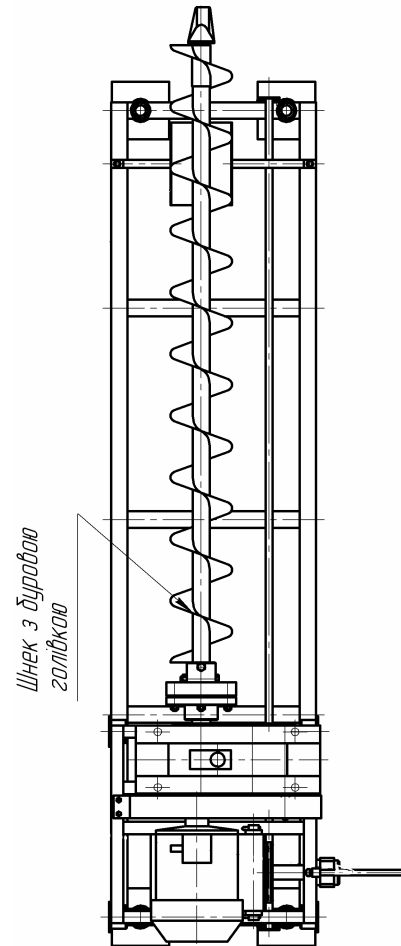


Рис. 4. Вид зверху за рис. 3

Варіант 3: отвір великого діаметра та невеликої довжини (до 25 м); поблизу багато інших комунікацій. Встановлюємо привід установки (рис. 2, 3) в робочому приямку, виконуємо прицілювання та проводимо пілотне шнекове буріння горизонтального отвору до діаметра, на 40–80 мм меншого від потрібного. У приймальному приямку на кінець шнекового бура замість коронки встановлюємо розкатний РО (рис. 7) відповідного діаметра та проводимо роботи з подальшого збільшення при зворотному проході шнеків з приймального до робочого приямку. 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.

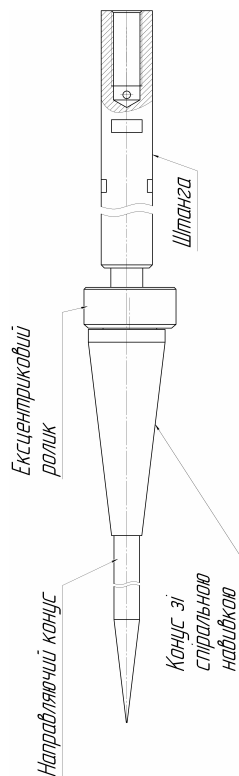


Рис. 5. Розкатчик пілотний до діаметра 50 мм

Варіант 4: отвір великого діаметра та великої довжини (до 40 м); поблизу багато інших комунікацій. Встановлюємо привід установки (рис. 2, 3) в робочому напрямку, виконуємо прицілювання та проводимо пілотне уторування пілотним розкатчиком (рис. 5) горизонтального отвору мінімального діаметра. По отриманому пілотному отвору проводимо шнекове буріння горизонтального отвору до діаметра, на 40–80 мм меншого від потрібного.

Шнекове буріння отриманого отвору збільшує точність проходки та зменшує (вирізає) товщину переущільненого розкатом ґрунту. У приймальному напрямку на кінець шнекового бура замість коронки встановлюємо розкатний РО (рис. 7) відповідного діаметра та проводимо роботи з подальшого збільшення при зворотному проході шнеків із приймального 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, та відсутністю впливу на сусідні комунікації.

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 уторування отвору до відповідної трикутної форми за 3 етапи або поєднання уторування круглого отвору з подальшим уторуванням отвору до відповідної трикутної форми поперечного перерізу в декілька етапів.

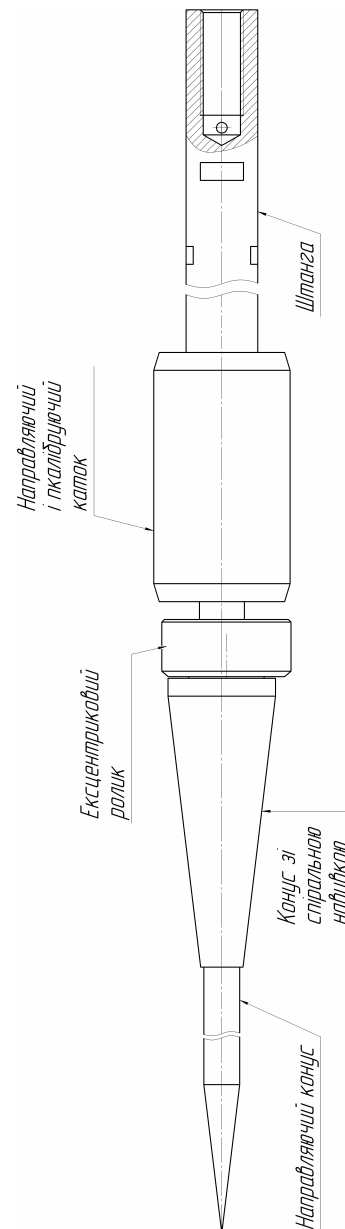


Рис. 6. Розкатчик пілотний до діаметра 75 мм

Варіант 1: отвір малого діаметра; поблизу немає інших комунікацій. Встановлюємо привід (рис. 2, 3) установки в робочому напрямку, виконуємо прицілювання та проводимо пілотне уторування ТПГ пілотним розкатом (рис. 5) з подальшим збільшенням та формуванням отвору трикутної форми розширювачами за 2–3 проходи. Отримана ТПГ характе-

ризується гладенькими міцними переуцільненими стінками, отриманими шляхом блокування ущільнення ґрунту в робочій зоні, що суттєво збільшує стійкість стінок до обвалювання від зовнішнього навантаження та вібрацій з мінімальним поперечним перерізом, що зменшить просідання ґрунту в зоні виконання робіт.

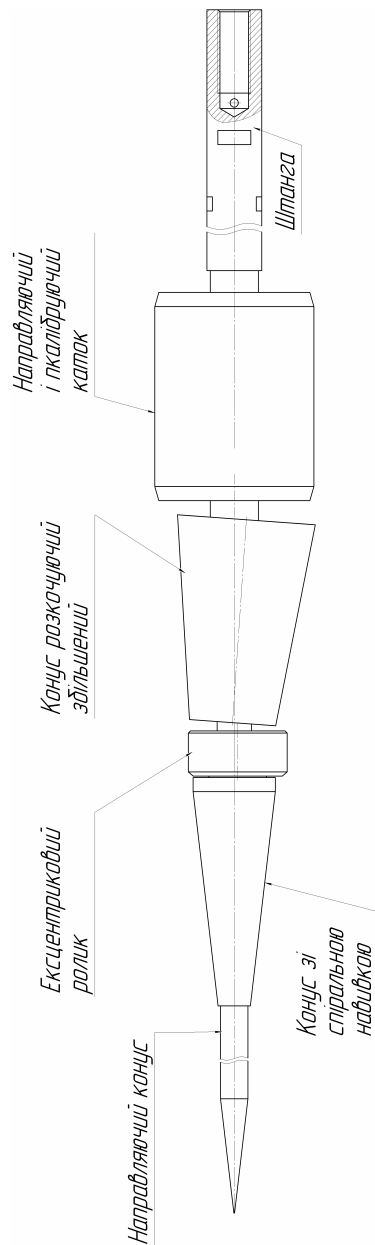


Рис. 7. Розкатчик-розширювач до 115 мм

Варіант 2: отвір великого діаметра та невеликої довжини (до 40 м); поблизу багато інших комунікацій. Встановлюємо привід установки (рис. 2, 3) в робочому приямку, виконуємо прицілювання та проводимо пілотне шнекове буріння горизонтального отвору

максимально можливого діаметра до потрібної форми. У приймальному приямку на кінець шнекового бура замість коронки встановлюємо розкатні розширювачі з напрямними трикутної форми і за 2–3 проходи проводимо роботи з подальшого збільшення та формування ТПГ у ґрунті при зворотному проході шнеків із приймального до робочого приямку. 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 довгасту форму (рис. 3, 6, табл. 1) технологічний процес буде дещо видозмінено. Можна використати два варіанти: шнекове буріння круглого отвору з уторуванням отвору до відповідної довгастої форми за 2–6 етапів або поєднання уторування круглого отвору з подальшим уторуванням отвору до відповідної довгастої форми поперечного перерізу в декілька етапів.

Варіант 1: отвір малого діаметра; поблизу немає інших комунікацій. Встановлюємо привід (рис. 2, 3) установки в робочому приямку, виконуємо прицілювання та проводимо пілотне уторування ТПГ пілотним розкатчиком (рис. 5). Змінивши круглий РО на довгастий, проводимо попереднє розширювання отвору до проміжного діаметра. До розкатчика кріпимо кінець каната, необхідного для протягування штанг до приймального приямку. Після виходу першого розширювального розкатчика із забою повертаємо штанги у приймальний приямку та встановлюємо другий (третій і т.д.) розширювальний розкатний РО із подальшим збільшенням та формуванням отвору відповідної довгастої 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, незважаючи на певну циклічність виконання робіт.

Маючи в комплекті відповідну кількість розширювальних розкатних РО та відповідну потужність приводу, весь процес отримання

ТПГ у ґрунті можна виконати за 2 проходи: прямий – для отримання пілотного отвору, а зворотний – для розширення до необхідного розміру та форми, під'єднуючи розширювальні розкатні РО один за одним.

Варіант 2: отвір великого діаметра та великої довжини (до 40 м); поблизу багато інших комунікацій. Встановлюємо привід (рис. 2, 3) установки в робочому приямку, виконуємо прицілювання та проводимо пілотне шнекове буріння отвору. Замінивши коронку шнекового бура на відповідної довгастої форми розкатні РО, проводимо попереднє розширення отвору до проміжного діаметра. Особливо слід відмітити, що в цьому варіанті виконання робіт, залежно 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 й уторування ґрунту з використанням відповідного технологічного

оснащення для укладання комплектів комунікацій в технологічних порожнинах у ґрунті, виконаних безтраншейним способом і порівняльна оцінка необхідної мінімальної площі поперечного перерізу порожнини у ґрунті забезпечать гарантовану якість за зменшення енергоємності процесу і скорочення строків виконання робіт.

Література

1. Буровой станок Стерх [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.stanoknavodu.ru/snekbur>. – Технические характеристики. Описание. Модельный ряд станков. Буровые установки.
2. Технология раскатки скважин [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.rackat.narod.ru>. – Раскатка скважин. Оборудование.

Рецензент: М.Д. Каслін, професор, к.т.н., ХНАДУ.

Стаття надійшла до редакції 12 травня 2012 р.
