

## МЕТОДИ БЕЗТРАНШЕЙНОГО УТВОРЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПОРОЖНИН У ҐРУНТІ (ТПГ) ДЛЯ ПРОКЛАДКИ КОМУНІКАЦІЙ

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

**Анотація.** Виконано порівняльний аналіз існуючих методів безтраншейної прокладки комунікацій з метою підвищення ефективності утворення горизонтальних і похилих ТПГ у ґрунтах I-III категорій буровими ущільнюючими робочими органами статичної, динамічної і комбінованої дії.

**Ключові слова:** порожнина, ґрунт, прокол, буріння, розкатка, ефективність.

## МЕТОДЫ БЕСТРАНШЕЙНОГО ОБРАЗОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПОЛОСТЕЙ В ГРУНТЕ ДЛЯ ПРОКЛАДКИ КОММУНИКАЦИЙ

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

**Анотация.** Выполнен сравнительный анализ существующих методов бестраншейной прокладки коммуникаций с целью повышения эффективности образования горизонтальных и наклонных ТПГ в грунтах I-III категорий буровыми уплотняющими рабочими органами статического, динамического и комбинированного действия.

**Ключевые слова:** полость, грунт, прокол, раскатка, эффективность.

## METHODS OF FORMATION OF TECHNOLOGICAL CAVITIES IN SOIL WITHOUT DIGGING OF TRENCHES FOR GASKET OF 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 comparative analysis of existent methods of gasket of communications is executed without digging of trenches the purpose of increase of efficiency of formation of horizontal and sloping technological cavities in soils I-III categories of burovimi by the making more a compact workings organs of static, dynamic and combined action.

**Keywords:** cavity, soil, puncture, pinning-out, efficiency.

**Вступ.** Сьогодення бурхливого розвитку населених пунктів, розширення та побудови промислових підприємств, значного прогресу техніки та технологій змушує звернути увагу перш за все - на створення комунікацій, які забезпечують їх життєдіяльність та функціонування, по друге - на відновлення вже існуючих. Основа цього питання мала актуальність з початку виникнення перших

населених пунктів. Тому його перегляд щодо сучасності може сприяти більш якісному та ефективному його вирішенні.

**Аналіз публікацій.** Комунікації, які створюються заздалегідь упорядкованою та визначеною мережею називають інженерними. До них сьогодні відносять трубопроводи, електросилові та інформаційні мережі кабелів. Їх створення можливе трьома шляхами:

наземним, надземним та підземним. З урахуванням дефіциту наземної площі, складності створення надземних конструкцій та більш інтенсивного впливу оточуючих факторів на перші два шляхи створення, найбільш ефективним є створення підземних комунікацій. Останнім часом перевага при прокладанні комунікацій безтраншейним способом надається комплексному методу утворення ТПГ. При цьому ґрунт частково виймається, а частково ущільнюється. Судячи з відомих публікацій такий підхід в літературі детально не описаний, а саме відсутня інформація про мінімально необхідні об'єми ущільнення ґрунту для забезпечення стабільності ТПГ на час прокладки комунікацій [1, 2]. Крім того відсутня інформація про співставлення різних способів безтраншейного прокладання комунікацій з точки зору обґрунтування запропонованого методу.

**Мета дослідження** – вибір ефективних способів безтраншейного утворення ТПГ.

**Співставний аналіз методів безтраншейного утворення ТПГ.** Улаштування останніх здійснюється наступними методами:

- відкритим, який вимагає: великого обсягу складних процедур узгодження робіт з місцевими адміністраціями, із представниками залізниці, водоохоронними й автодорожніми службами, ДАІ, повного відновлення після закінчення робіт зіпсованого ландшафту, дорожнього покриття, тротуарів, зелених насаджень, значного обсягу витрат і строків проведення робіт;
- безтраншейним, до переваг якого можна віднести високі темпи виконання, значне зниження об'єму земляних робіт, можливість виконання робіт в складних гідрогеологічних умовах, точність виконання та істотне скорочення залученої до проведення робіт техніки та робочої сили.

В контексті вищезгаданого можна виділити переваги безтраншейного методу виконання горизонтальних ТПГ.

З виробничо-технічної точки зору безтраншейний метод прокладання підземних комунікацій та інженерних мереж дозволяє:

- скоротити строки та об'єм організаційно-технічних узгоджень перед початком виконання робіт у зв'язку з відсутністю необхідності зупинки руху всіх видів наземного транспорту, перекриття автомобільних доріг і залізничних колій;
- значно скоротити строки виконання робіт та кількість задіяної землерийної техніки;

- знизити ризик виникнення аварійних ситуацій, що, в свою чергу, гарантує тривалу безаварійну експлуатацію комунікацій;

- оминати перепони на шляху ТПГ та формувати її траєкторію практично будь якої конфігурації;

- прокладати інженерні мережі під річками, озерами, кручами, лісовими масивами, сільськогосподарськими об'єктами;

- виконувати роботи в специфічних ґрунтах (плавуні, скельні породи);

- виконувати роботи без нанесення шкоди в охоронних зонах ліній електропередач, нафто- та газогонів, в умовах щільної забудови міст, під автомагістралями, скверами та парками;

- виконувати роботи під діючими залізничними коліями, злітно-посадковими смугами аеропортів, а також для заміни та введення в дію нових комунікацій на території заводів без зупинки або короткострокового припинення роботи останніх;

- швидко виконати роботи по осушуванню та відведенню води з насипу земляного полотна.

З фінансово-економічної точки зору безтраншейний метод прокладання комунікацій суттєво зменшує кошторис будівництва за рахунок зменшення строків виконання робіт, зниження витрат на використання важкої землерийної техніки та додаткових робочих рук, виключає або зводить до мінімуму витрати на відновлення пошкоджених ділянок автомобільних доріг та залізничних колій, зелених насаджень та об'єктів міської інфраструктури, скорочує витрати на контроль та ремонт комунікацій в процесі експлуатації.

З соціально-економічної точки зору безтраншейний метод прокладання комунікацій зберігає природний ландшафт та екологічний баланс в місцях проведення робіт, виключає технологічний вплив на флору та фауну, розмивання берегів та придонних відкладень водойм, зводить до мінімуму негативний вплив на умови проживання людей в зоні виконання робіт.

Відомий ряд способів утворення ТПГ без видалення робочого органу з забою, серед яких:

- горизонтальне (похиле) направлене буріння (ГНБ);
- мікротонелювання;
- ударно-імпульсний і статичний прокол;
- гідравлічне буріння;
- розкатне буріння і т.д.

**Об'єктом дослідження** є бурова установка та бурові ущільнювальні робочі органи (БУРО) статичної, динамічної і комбінованої

дії для утворення горизонтальних та нахилених ТПГ у ґрунтах I-III категорій при будівництві і ремонті ґрунтового полотна залізниць чи прокладанні нових та ремонті старих підземних комунікацій у структурних підрозділах залізниці або в умовах міського будівництва.

**Предметом дослідження** є процес взаємодії БУРО статичної, динамічної і комбінованої дії з ґрунтом, закономірності деформування ґрунтового масиву сумісною дією статичного навантаження і коливальних або вібраційних імпульсів, що визначають стійкість стінок ТПГ і закономірності розподілу тиску і стійкості стінок свердловини в залежності від її форми та технологічних вимог.

**Метою дослідження** є підвищення ефективності утворення горизонтальних і похилих ТПГ у ґрунтах I-III категорій БУРО статичної, динамічної і комбінованої дії.

Для досягнення поставленої мети вирішуються наступні задачі:

- обґрунтування принципової схеми та параметрів способів буріння горизонтальних та похилих ТПГ;
- розробка математичної моделі взаємодії БУРО з ґрунтом;
- створення простої, надійної та ефективної мобільної установки і комплексу робочих органів (РО), що забезпечують тимчасову стійкість стінок ТПГ шляхом видалення частини ґрунту разом з одночасним ущільненням частини ґрунту в стінки з мінімальними витратами часу та коштів;
- обґрунтування принципової схеми комплексу обладнання для буріння горизонтальних та нахилених ТПГ з частковим руйнуванням та видаленням частини ґрунту шнековим РО, визначення основних конструктивних, динамічних та енергетичних параметрів основних систем та елементів;
- виявлення особливостей динаміки взаємодії РО з ґрунтовим масивом при одночасній дії статичного зусилля, динамічних та вібраційних імпульсів, визначення раціональних значень цих впливів;
- визначення динамічних та конструктивних параметрів вібросистем модульного типу, що забезпечують створення ТПГ раціональної форми;
- створення комплексу технологічного обладнання, що реалізує ідею створення горизонтальних та нахилених ТПГ методом часткового ущільнення ґрунту статичним та динамічним впливом РО на стінки ТПГ та вида-

лення частини ґрунту шнековим РО в отриманій ТПГ;

- експериментальне дослідження процесу і випробування в польових умовах.

Обладнання для безтраншейних технологій прокладання комунікацій можна розділити на кілька видів, кожен з яких має свою область ефективного застосування. Розрізняють 5 способів утворення ТПГ без видалення робочого органу з забою:

- установками шнекового буріння;
- установками горизонтально направленого керованого буріння (ГНКБ) чи похило направленого керованого буріння (ПНКБ);
- вібраційними системами - пневматичними пробійниками, ударно-імпульсними машинами, з одночасним руйнуванням замінюваних комунікацій;
- машинами для гідростатичного втискання - статичного проколу з одночасним руйнуванням замінюваних комунікацій;
- установками для гідравлічного буріння;
- установками розкатного буріння, з одночасним руйнуванням замінюваних комунікацій.

Застосування установок шнекового буріння - найбільш поширений і універсальний спосіб з усіх видів безтраншейних технологій прокладання комунікацій. Його застосовують при створенні горизонтальних та нахилених ТПГ довжиною до 50...80 м в ґрунтах I - VI категорій, у тому числі в гравійних породах і в породах з включенням невеликих валунів. Широко застосовується шнекове буріння для ТПГ великого діаметра до 2 м, з огляду на те, що при бурінні у більшості порід відбувається попутно закріплення стінок ТПГ породою, що транспортується, [1].

Діаметри ТПГ, які можна отримати способом шнекового буріння, знаходяться в діапазонах 60...310; 110...610; 310...1070 та 610...2440 мм, а максимальна довжина проходки може досягати 100 м.

Отримані шнековим бурінням ТПГ характеризуються відносно невисокою стійкістю до руйнування верхньої частини (особливо в пісчаних ґрунтах при наявності зовнішнього вібраційного навантаження) через незначне ущільнення стінок забою поверхнями шнеку. Цей недолік одночасно є перевагою – спосіб дає можливість отримувати ТПГ в умовах близького розташування інших комунікацій.

Для ГНКБ шнековими РО використовують буровий інструмент і машини, виготовлені закордонними фірмами "Vermeer", "Ditch Witch", "Ti-Drill", "AMERICAN AUGERS",

"TRACTO-TECHNIK", "Straightline", "Robbins", "Prime Drilling", та фірмами України і близького зарубіжжя "ГНБ Навігатор", ОАО "Михневський РМЗ" та "ЭКОПРОМ" Росія, "Індустріалгруп" м. Дніпропетровськ тощо.

Фізику процесу шнекового буріння характеризують кілька важливих моментів: охолодження породоруйнуючого інструменту, транспортування зруйнованої породи на поверхню і закріплення нижніх і бокових стінок ТПГ пороною, що транспортується.

Застосування установок ГНKB чи ПНKB дозволяє безтраншейне прокладання трубопроводів та інших комунікацій на різній глибині в будь-яких ґрунтах під природними та штучними спорудами з різною траєкторією, без порушення режиму їх звичайної експлуатації.

Використовувана техніка дозволяє прокладати трубопроводи з поліетилену, ПВХ, металу.

При цьому досягається висока точність транспортування завдяки застосуванню сучасної локаційної системи позиціонування, яка дозволяє постійно відстежувати положення бурової головки і, на основі багатопараметричних даних локації, керувати процесом буріння. Таким чином можна бурити як прямолінійні, так і криволінійні ТПГ, завдяки тому, що у буровій головці розташовується передавач (випромінювач), а сигнали, що випромінюються цим передавачем, приймаються приймачем на поверхні. Це дозволяє безперервно відстежувати напрям, глибину та інші параметри буріння.

При прокладанні каналізації з дуже невисокими ухилами, застосовується високоточний (до 0,1%) випромінювач, розташований у буровій головці, що забезпечує ухил прокладання труби 1 мм на 1 м.

Це дозволяє прокладати низько ухильні самотпливні каналізації. Роботи, виконані з використанням мобільного комплексу Ditch Witch, дозволяють, прокладати комунікації на глибині до 20 метрів (максимальна глибина роботи навігаційної системи) діаметром 50...1800 мм і довжиною переходу 100...3000 м (без виходу на поверхню).

Для ГНKB використовують натрієві бурові суміші, бентоніти та полімери.

З економічної точки зору даний спосіб забезпечує:

- зменшення кошторисної вартості будівництва через значне скорочення термінів виконання робіт, витрат на залучення додаткових

технічних засобів, робочої сили і важкої землерийної техніки до 60%;

- мінімізацію витрат на енергозабезпечення бурових комплексів внаслідок їх повної автономності і економічності використовуваних агрегатів;

- відсутність витрат на відновлення пошкоджених ділянок автомобільних доріг і залізниць, зелених насаджень і об'єктів міської інфраструктури;

- скорочення експлуатаційних витрат на контроль і ремонт трубопроводів в процесі експлуатації.

З екологічної точки зору:

- при проведенні робіт комплекси не створюють незручностей для оточуючих і не порушують екологію;

- прокладаючи трубопроводи методом ГНKB через лісові масиви, міські парки, лісопосадки, сквери, водні перешкоди відпадає необхідність копати траншеї, вирубуючи і знищуючи природне багатство; також немає необхідності проводити осушувальні заходи і відведення русел річок;

- зберігається природний ландшафт і екологічний баланс в місцях проведення робіт;

- виключається дія на флору і фауну, а саме: розмив берегів і донних відкладень водою.

Установки ударно-імпульсні, пневматичні пробійники забезпечують механічний прокол і застосовують для прокладання трубопроводів різного призначення діаметром до 450 мм в глинистих і суглинних ґрунтах, при максимальній протяжності проходок до 40...60 м.

Суть вібропроколу полягає в тому, що трубі (чи її наконечнику), що прокладається, одночасно із зусиллям подачі повідомляються подовжньо-спрямовані коливання уздовж її осі, що різко зменшують (у 8...10 разів) тертя між ґрунтом і впроваджуваною в нього трубою.

Вібропроколом прокладають труби діаметром до 425 мм на довжину до 25...50 м. Швидкість проходки залежить від ґрунтових умов і діаметру труби і складає в середньому 20...60 м/год.

Порівняно з установками ГНKB пневмопробійники відрізняє відносна дешевизна (тобто доступність навіть для порівняно невеликої підрядної організації). З їх допомогою можна прокладати або ремонтувати комунікації у безпосередній близькості від сусідніх, оскільки робота пневмопробійника не супроводжується значним ущільненням ґрунту в навколишньому масиві. Але при зустрічі з перешкодами (наприклад, каменем) пневмоп-

робійник може відхилитися від заданого напрямку (а він підтримується завдяки осевій симетрії і досить великій довжині) і бути загубленим. Існують і інші обмеження. Наприклад, пневмопробійники не можна застосовувати для скельних або болотистих ґрунтів. Передбачений випуск пневмопробійників для проходки ТПГ із зовнішнім діаметром (без розширювача) 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160 і 200 мм, для забивання труб - з максимальним діаметром 400; 630; 800; 1000; 1250 і 1600 мм і завдовжки до 100 м, рідше до 150 м. Швидкість проходки при цьому складає 2...6 м/год. (при механічному проколі) і до 30...40 м/год. у пневмопробійників.

Сьогодні на ринку цей вид устаткування представляють декілька закордонних і вітчизняних компаній. Наприклад, у асортименті компанії Vermeer 23 моделі пневмопробійників, діаметром 45...580 мм і вагою 8...4237 кг.

Німецька Tracto-Technik GmbH (TT Group) випускає 11 типів машин вагою 8...260 кг і діаметром 45...180 мм (діаметр труби – 40...160 мм). В асортименті швейцарської Terra AG 26 моделей вагою від 9 кг до 2,5 т, діаметром 45...565 мм. Подібну продукцію також випускають фірми та організації України і Росії: «Рутектор», «Пневмостроймашина», Одеський завод будівельно-оздоблювальних машин ТОВ «СОМ» (установки типів ПР-60 (СО-144), ИП-4605, ИП-4603, ПР-400 (СО-134) та М130.

Джерелом стисненого повітря для пневмоударних установок є пневматичні компресори різної продуктивності з максимальним тиском до 1,2 МПа.

Сучасні розробки пневмопробійників та наявність керованих наконечників з системами локації дають змогу отримувати складну траєкторію ТПГ з обходженням перепон на шляху їх руху. Використання домкратів та пневмопробійників для затягування комунікацій при зворотному ході зменшує вартість робіт та кількість працюючих.

Але наряду з цим основними недоліками пневматичних пробійників є необхідність використання компресорів, значне вібраційне навантаження на сусідні комунікації і елементи споруд та будівель, а також обмеження довжини та діаметра отвору.

Усі сучасні установки гідростатичного проколу ґрунту працюють за одним принципом і за однаковою технологією.

Але їх основною відмінністю є конструкція штанг. Найчастіше з'єднання штанг є різьбо-

вим. Недоліком різьбового з'єднання є зношення при частому монтажі-демонтажі. У статичних установках Grundoburst застосовуються штанги зі швидкороз'ємним з'єднанням Quicklock, що не має різьбового з'єднання. Вони просто вставляються одна в іншу, забезпечуючи надійне з'єднання. До того ж завдяки рухливості з'єднання Quicklock штанги можуть проходити невеликі повороти технологічною порожнини (приблизно 2°).

Розрізняють два види проколу ґрунту: прокол трубою (що в подальшому служить футляром) або прокол за допомогою штанг з наконечниками і подальшим розширенням ТПГ до потрібного розміру.

Прокол ефективний на невеликих відстанях (до 100 м) та в широкому діапазоні розмірів (від 50 до 2000 мм).

Тип і кількість втискуючих пристроїв, здатних розвинути необхідне зусилля, вибирають відповідно до необхідного розрахункового зусилля втискання, яке залежить, наприклад, від діаметра і довжини трубопровода, що прокладається, а також виду ґрунту.

Зусилля, необхідні для проколу труб, коливаються в межах 150...2000 кН. Визначивши натискне зусилля, приймають необхідне число гідродомкратів для силової установки, а також вибирають тип прилеглої стінки в котловані.

Установки гідравлічного буріння є удосконаленням способу механічного проколу, коли струмінь води під тиском виходить з розташованої попереду труби спеціальної насадки і, розмиваючи ґрунт, допомагає їй рухатися під дією невеликих домкратних установок, вперед.

Переваги гідропроколу у простоті виконання робіт і високій швидкості утворення ТПГ (до 30 м за зміну).

Недоліками такого способу є порівняно невелика довжина ТПГ (20...30 м), значні її відхилення від заданого напрямку, незручні умови роботи через повернення води в котлован.

Спосіб гідропроколу можна застосовувати для утворення ТПГ у ґрунті поза міськими умовами при перетині трас підземних комунікацій та за наявності джерел постачання водою і місць скидання пульпи.

Установки розкатного буріння виконують ТПГ безударним методом, що використовує РО, який сам загвинчується в ґрунт під дією осевих сил, що виникають в процесі обертання багатовального РО розкатчика. Процес отримання ТПГ складається зі спорудження

прямків (можливе використання існуючих колодязів або підвалів будинків), установки туди обладнання, установки пілотного розкатчика, прицілювання і проходження пілотної ТПГ. З другого боку забою пілотний розкатчик замінюється на розширювач необхідного діаметра. Довжина проходки обмежена набором штанг (до 100 м), а діаметр складає 50, 80, 120, 200 та 230 мм [2].

Перевагами прохідників (наприклад, RANER) є екологічна чистота при проведенні робіт, безшумність, відсутність винесення ґрунту на поверхню, зменшені енерговитрати (наприклад, палива) в 12...40 разів в порівнянні з відомим устаткуванням, компактність і мала вага. Крім того, устаткування переноситься одним оператором і вирішена проблема створення ТПГ в незв'язних ґрунтах.

З економічної та екологічної точок зору спосіб передбачає: відсутність витрат на відновлення зруйнованих ділянок на шляху трубопроводу; зменшення кількості задіяних при спорудженні комунікацій механізмів (наприклад, при прокладанні трубопроводів); можливість використання устаткування у випадках, коли заборонено використання будь-яких рідин для промивання або закріплення стінок ТПГ; можливість використання в стислих умовах, використання у будь-яких типах ґрунтів з різним вмістом вологи (навіть у перезволожених). Суттєвою перевагою даного способу є низька енергоємність процесу та високі швидкості проходки з урахуванням проміжних операцій.

Також слід відмітити здатність розкатних РО руйнувати зношені трубопроводи та проводити їх заміну на нові без використання традиційного відкритого способу.

Співставно аналізуючи і визначаючи переваги і недоліки та вибір основних і другорядних параметрів РО слід зазначити наступне. Основним недоліком шнекового буріння є відносно великі потужності приводу і металомісткість та невелика довжина ТПГ.

Перевага шнекового буріння у простоті конструкції, високій швидкості виконання робіт, відносно малій вартості обладнання, широкому діапазоні діаметрів отворів.

Перевагою ГНКБ є велика довжина отримуваних ТПГ, точність проходження траси, мінімальна кількість обслуговуючого персоналу, висока швидкість виконання робіт, широкий діапазон діаметрів ТПГ.

Перевага пневмопробійників у простоті конструкції та експлуатації РО, невеликих габаритних розмірах та відносно невеликій

вартості установки, можливості одночасного пробивання ТПГ та затягування обсадної труби і у можливості забивання обсадних труб.

Основним недоліком пневмопробійників є необхідність використання додаткового обладнання, низький ККД, невелика протяжність ТПГ (обмежені довжиною пневматичного шланга) велике вібраційне навантаження на навколишнє середовище та малий діапазон діаметрів ТПГ.

Перевага проколу ґрунту домкратами у простоті конструкції та їх експлуатації, невеликих габаритних розмірах, можливості виконання робіт з колодязів, невеликій вартості установки, можливості одночасного проколу ТПГ та затягування обсадної труби або декількох труб, а також можливості виконання робіт в широкому діапазоні діаметрів ТПГ.

Основним недоліком проколу ґрунту домкратами є необхідність використання додаткового обладнання (гідростанція), невелика протяжність ТПГ, велика вага та габаритні розміри установки, велика кількість допоміжних операцій.

Поряд із зазначеними вище недоліками гідропроколу слід відзначити наявність великої кількості води, що може спричинити перезволоження навколишнього ґрунту, та необхідність джерела великої кількості води.

Основними перевагами способу розкочування ґрунту є: використання установок малої потужності, простота конструкції та експлуатації РО, невеликі габаритні розміри, можливість виконання робіт з колодязів, мала вартість установки, висока швидкість проходження ТПГ, високий ККД установки, мінімальні експлуатаційні витрати та енерговитрати.

Основним недоліком даного способу є обмеження діаметрів ТПГ, виконаних існуючими установками (до 250 мм), і високе ущільнення їх стінок та ґрунту поблизу розташованого ґрунту, а також можливість деформації інших комунікацій.

Визначаючи основні і другорядні параметри РО та бурових машин слід відзначити, що в сучасних економічних умовах основним параметром є мінімальні витрати на отримання горизонтальних ТПГ. Мінімальні витрати можливі лише при мінімальних енергетичних витратах на спорудження 1 погонного метра горизонтальної ТПГ.

Найкращі результати можна отримати при використанні способів, які дозволяють отримувати ТПГ без виймання породи (ґрунту) на

поверхню забою – пневмопробивання, розкочування та механічний прокол закритим кінцем труби.

Проведений аналіз існуючих способів і робіт в області безтраншейної проходки ТПГ проколом дозволяє зробити наступні висновки.

Враховуючи велику енергоємність процесу статичного проколу одним із шляхів зниження опору прокладання ТПГ є застосування вібрації, що значно знижує габарити устаткування, підвищує швидкість і точність проходки.

Існуючі конструкції устаткування для отримання горизонтальних ТПГ методом проколу з використанням вібрації мають істотні конструктивні недоробки. При цьому найбільш активним є устаткування для вібропроколу горизонтальних ТПГ з високочастотними коливаннями робочого наконечника перпендикулярно осі проходки.

**Таблиця 1** Рекомендовані способи безтраншейного прокладання трубопроводів

| Спосіб                                                  | Трубопровід                         |               | Найкращі ґрунтові умови використання                            |
|---------------------------------------------------------|-------------------------------------|---------------|-----------------------------------------------------------------|
|                                                         | діаметр, мм                         | довжина, м    |                                                                 |
| Шнекове (горизонтальне) буріння                         | 325...2000                          | 40...70       | В піщаних та глинистих ґрунтах                                  |
| Горизонтально направлене кероване буріння (ГНКБ)        | 50...150<br>120...600<br>150...2000 | 30...3000     | В ґрунтах I-IV груп                                             |
| Прокол: механічний з допомогою домкратів                | 50...500<br>400...2000              | 80<br>20...80 | Піщані і глинисті без твердих включень, ґрунти I-IV групи       |
| Установки гідравлічного буріння (гідроприскот)          | 100...200<br>400...500              | 30...40<br>20 | Піщані та супіщані                                              |
| Пневматичні пробійники: пневмопробійники та вібропрокол | 500<br>300...400                    | 60<br>40...50 | Незв'язні піщані, супіщані і пливуні, м'які ґрунти до III групи |

**Висновки.** Важливими параметрами коливань робочого наконечника при проколі є частота і прискорення коливань, від яких суттєво залежить коефіцієнт внутрішнього тертя і опір ґрунту зрушенню, а зрештою і

ефективність ущільнення ґрунту, а також форма ТПГ та РО.

Результати аналізу відомих різних способів безтраншейного прокладання ТПГ на прикладі трубопроводів зведені в таблицю 1.

**Таблиця 1 (продовження)** Рекомендовані способи безтраншейного прокладання трубопроводів

| Спосіб                                                  | Швидкість проходки, м/год.            | Необхідне зусилля втискування, кН | Обмеження до використання способу                                                                                               |
|---------------------------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Шнекове (горизонтальне) буріння                         | 1,5...19                              | —                                 | При наявності в ґрунті ґрунтових вод та крупних твердих включень                                                                |
| Горизонтально направлене кероване буріння (ГНКБ)        | 0,2...19                              |                                   | Траєкторія має радіус менший за 25 м                                                                                            |
| Прокол: механічний з допомогою домкратів                | 0,2...6                               | 148...2450<br>450<br>4500         | В скельних ґрунтах не використовується                                                                                          |
| Установки гідравлічного буріння (гідроприскот)          | 1,6...14                              | 250...1600                        | Спосіб використовується при наявності джерела води та місця для утилізації пульпи                                               |
| Пневматичні пробійники: пневмопробійники та вібропрокол | 3,5...8<br>30...40 (без розширювачів) | 5...7,5<br>0,75...25              | В твердих і скельних ґрунтах не використовується. В ґрунтах з підвищеним водонасиченням та малим зчепленням не використовується |

### Література

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

