

ЗАЯВА

Я, Благовірний Владислав Віталійович
(ПІБ, повністю)

Студент групи ПМ2026
(шифр групи)

Спеціальність 133 Галузеве машинобудування

освітньої програми Підйомно-транспортні, будівельні, дорожні, меліоративні
(назва освітньої програми)
машини та обладнання

освітнього ступеня підготовки магістр
(бакалавр, магістр)

Заявляю, що моя випускна кваліфікаційна робота на тему:

«Визначення виліву форми та частоти обертання бурової головки на зусилля
проколювання горизонтально направленої пілотної свердловини»

Виконана самостійно і в ній не міститься елементів плагіату. Всі запозичені з друкованих та електронних джерел мають відповідні посилання.

Прошу перевірити її на наявність академічного плагіату.

Я ознайоmlена з чинним «Порядком перевірки кваліфікаційних випускних робіт здобувачів вищої освіти на виявлення текстових та графічних запозичень засобами перевірки на плагіат», згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску випускної кваліфікаційної роботи до захисту.

Дата

Підпис

Керівник



Підпис

Посмітюха О.П.

Благовірний В.В.

22.12.2021



Довідка
про відсутність плагіату у випускній кваліфікаційній роботі

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій
Кафедра «Прикладна механіка та матеріалознавство»

ДОВІДКА

За результатами перевірки випускної кваліфікаційної роботи здобувача вищої освіти

Благовірного Владислава Віталійовича

(прізвище, ім'я, по-батькові)

на тему: «Визначення вилу форми та частоти обертання бурової головки на зусилля проколювання горизонтально направленої пілотної свердловини»

в роботі не виявлено порушень академічної доброчесності.

Перевіркою на плагіат по програмі UNICHECK від 10.12.2021 р. встановлено, що рівень унікальності тексту ВКР складає 53,6%. Але при детальному розгляді документу з'ясувалося, що дані збіги не є проявом плагіату, оскільки вони стосуються окремих технічних термінів, методик та норм, які є загально вживаними і типовими для багатьох технічних джерел інформації.


Крім того, дана ВКР є логічним продовженням наукових досліджень ефективності статичного проколювання технологічних порожнин у ґрунті (ТПГ), форми та геометричних параметрів робочих органів, що впливають на ефективність керування пілотним проколом для отримання ТПГ, виконаних раніше групою студентів студентського наукового гуртка «Дослідник-винахідник МЗР» і, звичайно, має з попередньо виконаними магістерськими роботами певну схожість у частинах отриманих проміжних результатів, які є вихідними даними для продовження та співставлення досліджень, результати яких наведені у даній роботі.

Керівник ВКР  /О. П. Посмітюха/

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Український державний університет науки і технологій
Кафедра Прикладна механіка та матеріалознавство

«ДО ЗАХИСТУ»

Завідувач кафедри

 /Сергій РАКША/

« _____ » 2021 р.

Дипломна робота
на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Галузь знань **13 Механічна інженерія**


Спеціальність **133 Галузеве машинобудування**

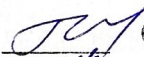
Освітньо-професійна програма **Підйомно-транспортні, будівельні, дорожні, меліоративні машини та обладнання**

Тема **Визначення вливу форми та частоти обертання бурової головки на зусилля проколювання горизонтально направленої пілотної свердловини**

Theme **Determination of the influence of the shape and frequency of rotation of the drilling head on the puncture force of a horizontally directed pilot well**

ДПТ.630000.301 ДПМР

Керівник дипломної роботи ст. викладач  **Олександр ПОСМІТЮХА**

Нормоконтролер ст. викладач  **Олександр ПОСМІТЮХА**

Студент групи ПМ 2026  **Владислав БЛАГОВІРНИЙ**

Student **Blahovirnyi Vladyslav**

Дніпро – 2021

Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна
Факультет «Транспортна інженерія» кафедра «Прикладна механіка та матеріалознавство»
Спеціальність _____ «Галузеве машинобудування» _____

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Завідувач кафедри

(підпис)

2020 р.

ЗАВДАННЯ

до дипломного проекту на здобуття ОКР «магістр»

студента групи _____

ПМ2026
(номер групи)

Благовірний Владислав Віталійович
(прізвище, ім'я та по батькові)

1. Тема дипломної роботи: «Визначення вилу форми та частоти обертання бурової головки на зусилля проколювання горизонтально направленої пілотної свердловини»

Затверджена наказом по університету № 768ст від "28" грудня 2020 р.
2. Термін подання студентом закінченої роботи 13. 12.2021 р.

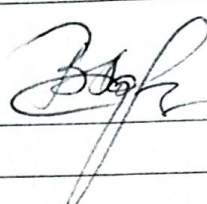
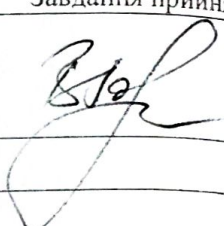
3. Вихідні дані до магістерської роботи: тип ґрунту в якому проводяться досліди, тип, розміри та кількість футлярів, що прокладаються одночасно, коефіцієнт компресії лабораторного ґрунту,

робочі характеристики стенду, сила тяги та швидкість протягування робочого органу

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань до розробки) Вступ. 1. Огляд існуючих методів розробки і засобів механізації прокладення підземних комунікацій в міських умовах. 2. Патентний огляд та огляд досліджень. 3. Дослідження параметрів пілотних робочих органів проколюючих машин. 4. Аналіз існуючих теорій керованого проколу ґрунту. 5. Аналіз впливу форми та розмірів пілотних РО на ґрунт. 6. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Висновок. Бібліографічний список.

5. Перелік креслень (демонстраційного матеріалу 1. Огляд варіантів безтраншейного прокладання підземних комунікацій. 2. Огляд варіантів керування траєкторією безтраншейного прокладання підземних комунікацій. 3. Патентний огляд. 4. Лабораторна установка та робочі органи. 5. Рекомендації по охороні праці та діях працівників в надзвичайних ситуаціях.

6. Розділи та консультанти

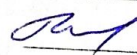
Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	ст. викл. Лоза В.Г.		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва розділів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання розділів проекту (роботи)	Примітка
1	Огляд стану питання технології керованого проколу ґрунту прокладанні підземних комунікацій.	20.09-10.10.2021	виконано
	Огляд варіантів безтраншейного прокладання підземних комунікацій.		
2	Огляд варіантів керування траєкторією безтраншейного прокладання підземних комунікацій	11.10-30.10.2021	виконано
	Патентний огляд та огляд досліджень.		
3	Дослідження параметрів пілотних робочих органів проколюючих машин.	01.11-20.11.2021	виконано
	Аналіз впливу форми та розмірів пілотних РО на ґрунт		
	Лабораторна установка та робочі органи.		
4	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.	1-13.12.2021	виконано
	Вступ. Висновок. Бібліографічний список.		

Дата видачі завдання 10 січня 2020 року

Керівник дипломної роботи



(підпис)

Ю.П. Росмітска

(ПІБ)

Завдання прийняв до виконання



(підпис)

І.В.В. Благосвітний

(ПІБ)

РЕФЕРАТ

Кількість томів: 1

В пояснювальній записці всього 96 сторінок

Найменування роботи: «Визначення вилуви форми та частоти вертання бурової на зусилля проколювання горизонтально направленої пілотної свердловини»

Ілюстрації: схем _____, рисунків 38

графіків _____, фотографій _____

таблиць 6.

Ключові слова: ґрунт, прокол ґрунту, горизонтальне буріння, робочий орган, наконечник, керований прокол, привід обертання, тиск ґрунту, комунікації.

Текст реферату: В роботі проведено огляд варіантів отримання горизонтальних отворів у ґрунті для прокладання комунікацій, проведено патентний огляд варіантів керування траєкторією пілотної свердловини, та форми наконечника пілотного робочого органу РО. В процесі досліджень пілотних робочих наконечників були отримані розміри, що дають змогу найбільш ефективно виконувати проколювання ТПП та керування траєкторією. Визначено зусилля занурення РО в залежності від габаритних розмірів та типу ґрунту та величина бічного зміщення РО в процесі керування траєкторією, та вплив ваги штанг на керованість процесом. Встановлена мінімальна частота обертання РО, що обмежена характеристиками локаційної системи та можливостями установки для статичного проколювання. Проведено експериментальні дослідження на лабораторній установці кафедри. Проведено аналіз небезпечних і шкідливих факторів, що діють на оператора при роботі установки. Видані рекомендації щодо розмірів пілотних наконечників робочих органів.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 ОГЛЯД БЕЗТРАНШЕЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ ПРОКЛАДАННІ ПІДЗЕМНИХ КОМУНІКАЦІЙ	7
1.1 Огляд існуючих методів розробки і засобів механізації прокладення підземних комунікацій в міських умовах	7
1.2 Метод розкочування горизонтальних отворів	11
1.3 Метод проколювання ґрунту	12
1.4 Метод горизонтального шнекового буріння	23
1.5 Спосіб ГНБ буріння	25
1.6 Особливості прокладання комунікацій енергетики та зв'язку	29
2 ПАТЕНТНИЙ ОГЛЯД ТА ОГЛЯД ДОСЛІДЖЕНЬ	32
2.1 Пристрій для безтраншейного прокладення трубопроводів способом проколу	32
2.2 Установка для проколювання пілотної свердловини	35
2.3 Стенд для дослідження процесу викривлення свердловини	42
3 ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ПІЛОТНИХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ПРОКОЛЮЮЧИХ МАШИН	46
3.1 Аналіз існуючих теорій керованого проколу ґрунту	46
3.2 Аналіз впливу форми та розмірів пілотних РО на ґрунт	61
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	76
4.1 Вимоги безпеки праці оператора проколюючої установки під час виконання робіт	76
4.2 Дії працівника у разі аварійної або надзвичайної ситуації	83
ВИСНОВОК	87
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК	89

ДПТ. 63 0000. 301. МРПЗ				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		Благовірний В.		
Перевір.		Посмітюха О.		
Реценз.				
Н. Копр.		Посмітюха О.		
Затверд.		Ракітський С.		
Визначення вилу форми та частоти вертання бурової головки на зусилля проколювання горизонтально направленої пілотної свердловини				
ДПТ. 63 0000. 301. МРПЗ, гр. ПМ2026				
Літ. Арк. Аркушіє				
5 96				
5				

ВСТУП

Інфраструктура сучасних мегаполісів та маленьких містечок містить велику кількість підземних комунікацій до яких відносяться водопостачання та водовідведення, газопостачання електричні, телефонні та Інтернет мережі. І більша частина їх знаходиться під землею.

Ремонт, заміна та аварійне відновлення пов'язані з розкопкою ґрунту та подальшим відновленням ландшафту або асфальтного покриття. Альтернативним способом виконання робіт є безтраншейні технології.

Використання даних технологій за кордоном на законодавчому рівні закріплена для міст або при проходженні під перешкодами: автомобільні шляхи газогони, залізничні колії тощо. А при переході через русла річок або під греблями альтернативи безтраншейних технологій загалом немає.

Разом з цим велика вартість обладнання спонукає інженерів створювати свої машини та установки, що мають аналогічні або близькі характеристики та мають набагато меншу вартість та габаритні розміри.

Саме тому метою даної розробки є створення наконечників робочих органів РО установок направлено проколу для проходки по керованій траєкторії, з подальшим розширенням до необхідного розміру, технологічної порожнини у ґрунті ТПГ, шляхом послідовного ущільнення стінок отвору розширюючими конусами з одночасною протяжкою труб-футлярів.

Використання гідравлічного приводу на установці дає змогу зменшити габаритні розмір приводу робочих органів машини отримавши при цьому максимальні можливі силові характеристики.

					ДІТ. 63 0000. 301. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

1 ОГЛЯД БЕЗТРАНШЕЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ ПРОКЛАДАННІ ПІДЗЕМНИХ КОМУНІКАЦІЙ

1.1 Огляд існуючих методів розробки і засобів механізації прокладення підземних комунікацій в міських умовах

Основними проблемами сьогоднішніх мегаполісів та маленьких містечок є старі зношені на 90-100% комунікації: холодне та гаряче водопостачання, каналізація, газопостачання та електропостачання це далеко не весь перелік об'єктів комунального господарства, що знаходиться під землею. Ремонт існуючих, та спорудження нових систем комунікації та зв'язку вимагає значних капіталовкладень. Разом з цим всі ці роботи пов'язані з порушенням звичайного життя міста – викопування котлованів і траншей, для заміни або нового будівництва, заборона руху машин та зняття покриття автодоріг, створення обходів навколо нових будівель призводять до значного подорожчання вартості робіт [1].

Аналіз варіантів виконання робіт по заміні старих та спорудженні нових підземних комунікацій. На сьогоднішній день існує 2 принципово різні підходи до вирішення проблеми – відкритий спосіб виконання робіт (траншея котлован) і закритий спосіб [2, 3].

Відкритий спосіб пов'язаний з кількома проблемами, які практично повністю виключають використання способу в умовах міст - великі фінансові витрати на виправлення зруйнованого рельєфу, перекриття доріг або магістралей, відновлення ландшафту та насаджень дерев. Використання даного способу при переході річок або дамб загалом неможливе. Слід відмітити, що при глибині прокладки комунікацій більше 1,5 м навіть прямі витрати стають дуже суттєвими і різко збільшуються при подальшому збільшенні глибини прокладки.

Більш перспективним способом в межах міста є закритий спосіб. закритий спосіб або безтраншейне буріння - економічно вигідніше, ніж традиційні

					ДІТ. 63 0000. 301. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

методи, що пояснюється економією коштів, витрачених на відновлення розкритих доріг, облаштування траншей. Такий метод також скорочує час, витрачений на роботу, кількість задіяного персоналу, а також значно підвищує рівень безпеки робіт [3].

Безтраншейні технології буріння дозволяють виконувати роботи по будівництву під землею без розкриття ґрунту. Безтраншейне прокладення має на увазі те, що 90% всіх робіт виконуються під землею [2]. Питання безтраншейних технологій гостро стоїть не лише в Україні, а й у всьому світі про що свідчать роботи [4, 5, 6].

Виділяються п'ять основних способів безтраншейного прокладання трубопроводів:

- спосіб ГНБ буріння;
- проколювання статичне (при допомозі домкратних установок);
- проколювання та продавлювання статичне та динамічне (задавлювання труб-футлярів відкритим кінцем з подальшим видаленням ґрунту з середини, при допомозі пневматичних, гідравлічних та вібраційних установок);
- горизонтальне шнекове буріння;
- спосіб розкатного буріння.

Вибір безтраншейного способу прокладення труб залежить від діаметру і довжини трубопроводу, фізико-механічних властивостей і гідрогеологічних умов ґрунтів, що розробляються, та від наявності у будівельних організаціях відповідних трубопроколюючих, продавлюючих і бурильних агрегатів, установок і устаткування. Для полегшення вибору можна скористатися рекомендаціями, приведеними в таблицю 1.1.

Окремо слід відмітити особливості використання безтраншейних технологій це відсутність простору для маневру, як на початкових етапах так і на етапі виконання робіт. Щільна забудова міста та складна траєкторія трас лінійно протяжних об'єктів ЛПО зменшують можливість використання великогабаритної техніки для ГНБ буріння, установок з динамічним впливом на ґрунт

					ДІТ. 63 0000. 301. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

(сейсмічно нестійкі основи), а також наявність сусідніх мереж вимагають створення невеликих установок керованого проколу з можливістю розширення до необхідного розміру ТПГ для прокладання групових комунікацій.

Таблиця 1.1

Рекомендовані способи безтраншейної прокладки трубопроводів

Спосіб	Трубопровід		Найкращі ґрунтові умови використання	Швидкість проходження, м/год	Необхідне зусилля вдавлення, кН
	діаметр, мм	довжина, м			
Прокол: механічний з допомогою домкратів	50-500	80	Суглинок, супісок, тугопластична глина без твердих включень	3-6	148-2450
Метод розкочування	80-180, 150-350	20-40	Суглинок, супісок, тугопластична глина		
гідропроколом	100-200 400-500	30-40 20	Суглинок, супісок, тугопластична глина	1,6-14	250-1600
вібропроколом	500	60	Суглинок, супісок, тугопластична глина	3,5-8	5-7,5
ґрунтопроколювачами	89-108	50-60	Суглинок, супісок, тугопластична глина	2,5-2	---
пневмопробійниками	300-400	40-50	Суглинок, супісок, тугопластична глина	30-40 (без розширювачів)	0,75-25
Продавлення	400-2000	70-80	Суглинок, супісок, тугопластична глина	0,2-1,5	4500
Горизонтальне буріння	325-1720	40-70	Суглинок, супісок, тугопластична глина	1,5-19	---

Інфраструктура сучасних мегаполісів та маленьких містечок містить велику кількість підземних комунікацій до яких відносяться водопостачання та водовідведення, газопостачання електричні, телефонні та Інтернет мережі. І більша частина їх знаходиться під землею.

Ремонт, заміна та аварійне відновлення пов'язані з розкопкою ґрунту та подальшим відновленням ландшафту або асфальтного покриття. Альтернативним способом виконання робіт є безтраншейні технології.

Використання безтраншейних технологій за кордоном на законодавчому рівні закріплена для міст або при проходженні під перешкодами: автомобільні шляхи газогони, залізничні колії тощо. А при переході через русла річок або під греблями альтернативи безтраншейних технологій загалом немає.

Разом з цим велика вартість обладнання спонукає інженерів створювати свої машини та установки, що мають аналогічні або близькі характеристики та мають набагато меншу вартість.

Саме тому метою даної розробки є створення установки для горизонтального направленої буріння з поєднанням проходки по керованій траєкторії з подальшим розбурюванням отвору з додаванням бентоніту, для закріплення стінок, або (якщо можливо) послідовного ущільнення стінок отвору розширюючими конусами до необхідного розміру з одночасною протяжкою труб-футлярів.

Використання гідравлічного приводу на машині дає змогу зменшити габаритні розмір приводу робочих органів машини отримавши при цьому максимально можливі силові характеристики. Окрім цього зменшується маса обладнання, знімаються обмеження на використання у вологих або обводнених прямках, зменшити інерційність приводу, та дає можливість використання гідростанції з іншим робочим обладнанням – наприклад лебідка для затягування футлярів.

					ДІТ. 63 0000. 301. МРПЗ	Арк.
						0
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2 Метод розкочування горизонтальних отворів

На відміну від традиційних способів буріння, де зруйнована порода виноситься на поверхню, при проходці розкату в ґрунтах, що стискаються, порода (ґрунт) вдавлюється в стінки свердловини, істотно ущільнюючи їх. Це дозволяє отримати стійку циліндричну свердловину, в якій можуть бути прокладені комунікації різного призначення. Крім того, в порівнянні з буровим інструментом розкат (рис. 1.1.) забезпечує більш високу здатність стінок свердловини опиратись зовнішнім навантаженням за рахунок утворення навколо неї ущільненої зони ґрунту [7].

Це дозволяє виключити просідання ґрунту над і під комунікаціями, за рахунок чого підвищується термін їх служби. Ця технологія може бути застосована в електроенергетиці, ЖКГ, будівництві.

Безтраншейне прокладення трубопроводів, кабелів, ліній зв'язку; руйнування старої труби і затягування в неї нової труби - ось далеко не повний перелік робіт, що виконуються за допомогою методу розкочування.

Економічна ефективність технології розкочування полягає в наступному:

- скорочення термінів будівництва;
- зниження об'ємів земляних робіт;
- скорочення робіт техніки і спеціального устаткування, що притягаються для виробництва;
- зменшення обслуговуючого персоналу при виробництві робіт.

До переваг проходки свердловин розкочуванням можна віднести наступні:

- зменшення собівартості бурових робіт до 60% залежно від діаметру та довжини свердловини;
- відсутність вібрації і безшумність проходки свердловин;
- можливість утворення свердловин великих діаметрів і протяжності;
- високі швидкості проходки;

					ДПТ. 63 0000. 301. МРПЗ	Арк.
						1
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- низька енергоємність процесу утворення свердловин.

Способи розкатки ґрунту незамінні, де утворення свердловин із застосуванням бурових рідин небажане, наприклад, підземні гаражі, підвали будинків і тощо.

До недоліків розкочування свердловин можна віднести:

- невелику довжину виконуваних робіт (20-50 м);
- малі діаметри отворів (0-90, 90-180, 180-320 мм);
- відсутність можливості отримання керованої траєкторії проходки;
- обмеженість використання (метод можна використовувати для ґрунтів, що ущільнюються);
- необхідність використання додаткового обладнання для затягування комунікацій (футлярів);
- дуже істотне ущільнення ґрунту навколо стінок отвору, що приводить до збурення ґрунту на поверхні (поява горбика та розтріскування асфальтного покриття по осі отвору) або руйнація комунікацій, що проходять поруч;
- відхилення від траєкторії при зустрічі з перешкодами (велике каміння, коріння дерев);
- мале напрацювання до ремонту (за рахунок наявності підшипникових вузлів та можливість потрапляння туди часток ґрунту);
- неможливість роботи в перезволожених ґрунтах або нижче рівня ґрунтових вод.

1.3 Метод проколювання ґрунту

Розрізняють:

- 1) вібропрокол або віброзабивання – забивання труб закритим або відкритим кінцем з подальшою екскавацією ґрунту та затягуванням футлярів (рис. 1.2);
- 2) пневмопробійниками або гідропробійниками – забивання труб закритим кінцем або відкритим кінцем (та подальшою екскавацією ґрунту), пробивання отвору з подальшим затягуванням футлярів (рис. 1.3);

					ДІТ. 63 0000. 301. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2

- 3) статичний прокол трубою з робочим наконечником (рис. 1.4);
- 4) продавлювання отворів трубою з відкритим кінцем та подальшою екскавацією ґрунту з труби різними способами (рис. 1.5).16, 52, 53
- 5) механічний з допомогою домкратів трубою з робочим наконечником (рис. 1.6);
- 6) гідропроколом – заштовхування труб-футлярів з лідерним розмиванням ґрунту попереду наконечника (рис. 1.7);

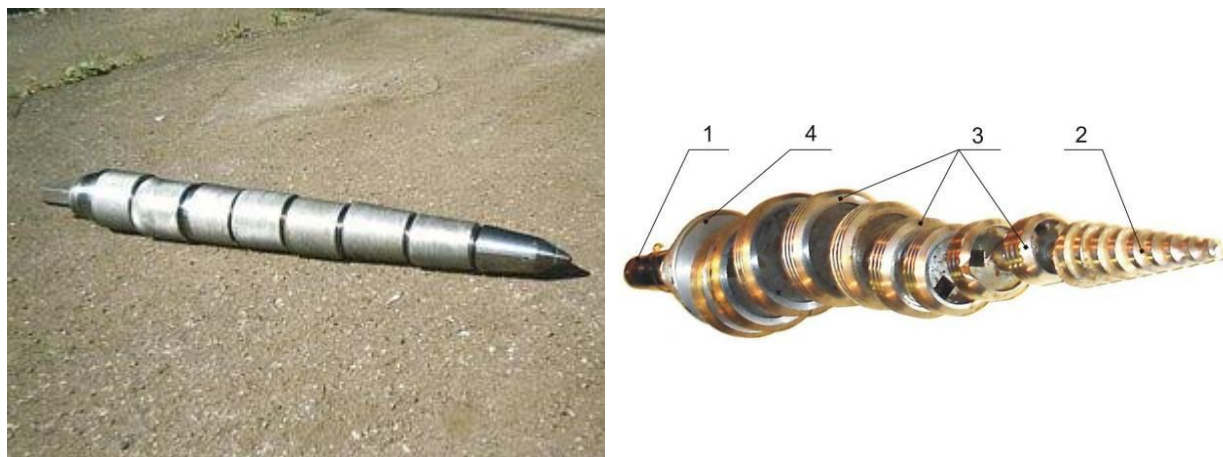


Рис. 1.1. Розкати: а) – з конічними робочими елементами, б) – з короткими циліндричними робочими елементами на яких нанесена гвинтова поверхня

Прокладення комунікацій із застосуванням методу проколу утворення свердловини здійснюється за рахунок радіального витіснення і ущільнення ґрунту (без його розробки) трубою, що прокладається, пневмо-пробійником, гідро-пробійником або вібраційним робочим органом. Розрізняють прокол механічний (статичний) і вібропрокол. При проколі трубі, що вдавлюється в ґрунт передається осьове навантаження від продавлюючого пристрою або ж вона протягається через готову свердловину, отриману за допомогою пневмо-пробійника або гідро-пробійника або вібраційним робочим органом.

Вібропрокол та віброзабивання. У сухих піщаних, супіщаних і водонасичених ґрунтах не можна одержати стійку порожнину, тому статичний прокол ускладнюється або практично неможливий через великі опори рухо-

					ДІТ. 63 0000. 301. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

чого органу. В таких випадках застосовують вібропрокол. Для збудників позовжньо спрямованих коливань використовують вібратори спрямованої дії і вібромолоти, які, крім вібрації, передають робочому органу ударні імпульси. Вібраційний прокол передбачає одночасну дію статичного навантаження і вібрації на трубу, що прокладається, від гідравлічного або електричного вібратора рис. 1.2. [8, 9, 24]

При вібропроколі використовується вібрація наконечника труби (рідше за саму трубу), що прокладається, при одночасному втискуванні їх в ґрунт.

Проколювання ґрунту застосовують для прокладення трубопроводів різного призначення діаметром до 426 мм в глинистих і суглинних ґрунтах, при максимальній протяжності проходок до 40-60 м.

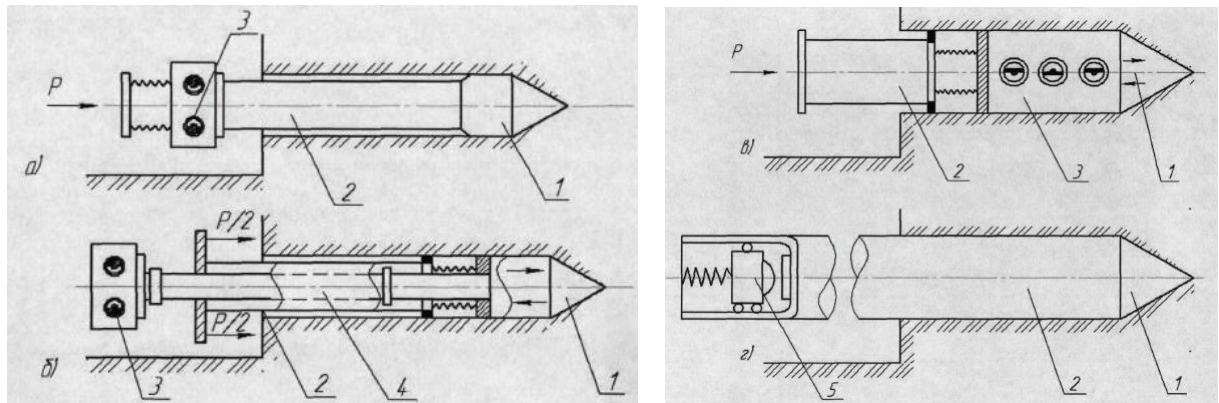


Рис. 1.2. Схеми вібропроколу та віброзабивання з динамічним впливом в осьовому або радіальному напрямках та статичному натисканні на трубу-футляр: а) – вібрація передається на трубу і наконечник; б) – вібрація передається тільки на наконечник; в) – віброзбудник вмонтований в наконечник; г) – віброударне проколювання; 1 – конусний наконечник; 2 – труба, що прокладається; 3 – блок вібраторів; 4 – елемент, що з'єднує блок вібратора з конусним наконечником; 5 – віброударний блок.

До переваг відносяться:

- простота утворення отворів;
- висока швидкість виконання робіт;

					ДІТ. 63 0000. 301. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

- можливість забивання труб під різними кутами до горизонту (вертикально включно);

- забивання труб великого розміру (від 400 до 1200 мм).

До недоліків відносяться:

- висока собівартість експлуатації обладнання та робіт за рахунок великого об'єму допоміжних робіт;

- некерована траєкторія отвору;

- необхідність вибурювання ґрунту з футляра (при забиванні "відкритим кінцем");

- дуже істотне ущільнення ґрунту навколо стінок отвору, що приводить до збурення ґрунту на поверхні (поява горбика та розтріскування асфальтного покриття по осі отвору) або руйнація комунікацій, що проходять поруч;

- руйнація інших комунікацій при зустрічі з робочим органом;

- великі динамічні навантаження на сусідні об'єкти.

Пневмо-пробійники (рис. 1.3.) і пневмомолоти успішно використовуються для забивання труб-футлярів (рис. 1.3.) закритим або відкритим способом та отримання отворів під перешкодами. Використання такої технології дозволяє виконувати роботи під автомагістралями і залізничними коліями без зупинки транспортних потоків, без порушення дорожнього покриття, при великих глибинах залягання трубопроводів під будівлями і спорудами [10, 11].

Порівняно недавно фірма GRUNDOMAT не тільки оголосила про розробку керованого пневмопробійника GRUNDOSTEER, але й приступила до його серійного випуску (рис. 1.3.г) [12, 13].

Зміна траєкторії руху цього пневмопробійника здійснюється шляхом зміни в одній або одночасно у двох площинах напряму поздовжньої осі носової частини ударного пристрою щодо поздовжньої осі його корпусу.

Керування зміною положення носової частини щодо корпусу здійснюється спеціальним важільним пристроєм, за допомогою якого розміщена на

					ДІП. 63 0000. 301. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

спеціальному наземному пристосуванні ділянка жорсткого повітроподаючого шланга, вручну обертається навколо своєї поздовжньої осі.

Для визначення напрямку обертання та кута повороту шланга використовується спеціальне навігаційне обладнання, до складу якого за аналогією з навігаційним обладнанням установок ГНБ, входить портативний радіолокатор, що передає необхідну керування пневмопробійником інформацію на спеціальний графічний дисплей оператора.

При цьому, так само як і в установках ГНБ, місце розташування і кути нахилу ударного пристрою (кут азимуту і зенітний кут) визначаються за допомогою вбудованого в пристрій спеціального випромінюючого радіосигнали вимірювального зонда з автономним енергоживленням.

До переваг відносяться:

- простота утворення отворів та використання пневмо-пробійників;
- висока швидкість виконання робіт;
- зменшення собівартості робіт;
- реверсивність устаткування (можна вийняти забиту трубу);
- можливість забивання труб під різними кутами до горизонту (вертикально включно);
- можливість одночасного пробивання отвору та затягування труб-футлярів;
- забивання труб великого розміру (від 400 до 1200 мм).

До недоліків відносяться:

- висока собівартість експлуатації обладнання;
- необхідність використання додаткового обладнання (компресор, гідро-станція, електростанція);
- некерована траєкторія отвору (при роботі пневмопробійника);
- різка зміна траєкторії на слабких ґрунтах та пливунах;
- необхідність екскавації ґрунту з футляра (при забиванні "відкритим кінцем");

					ДІП. 63 0000. 301. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

- дуже істотне ущільнення ґрунту навколо стінок отвору, що приводить до збурення ґрунту на поверхні при малій глибині залягання ТПГ (поява горбика та розтріскування асфальтного покриття по осі отвору) або руйнація комунікацій, що проходять поруч;
- руйнація інших комунікацій при зустрічі з робочим органом;
- великі динамічні навантаження на сусідні об'єкти.

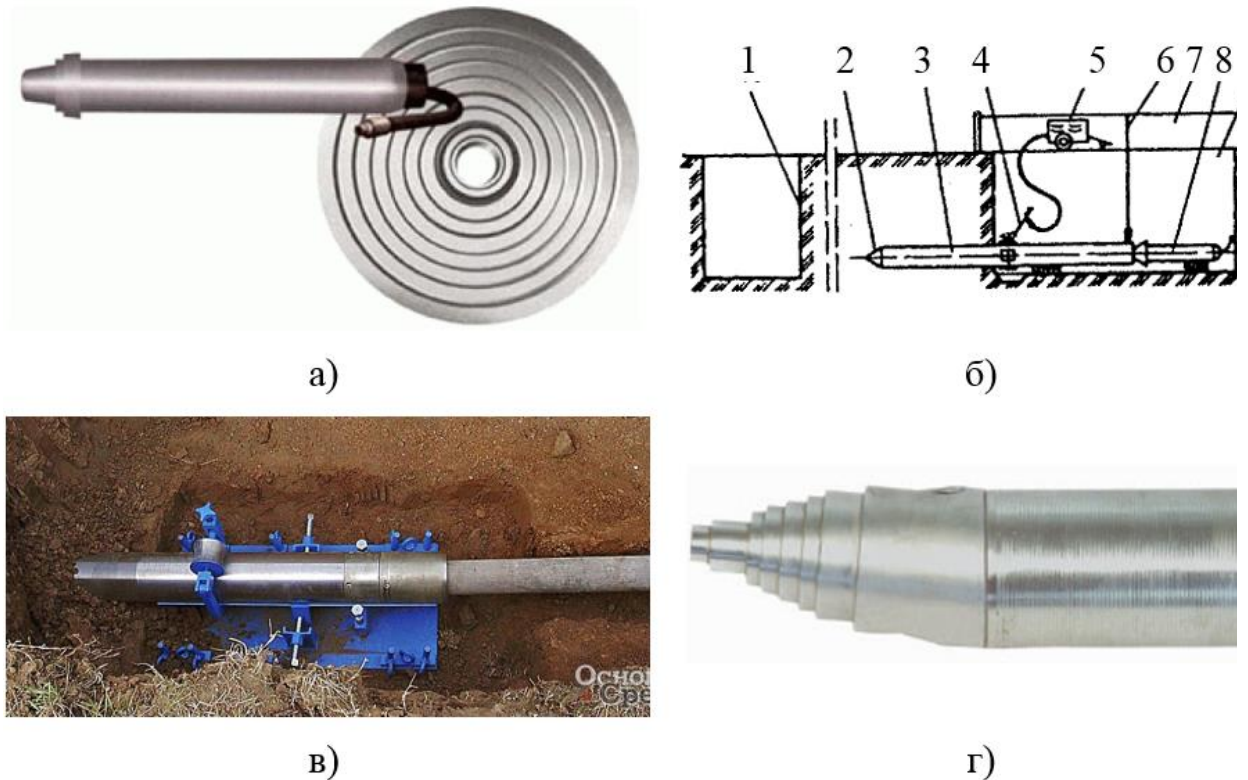


Рис. 1.3. Пневмопробійник для забивання труб: а) – машина СО-166м для забивання в ґрунт сталевих труб у горизонтальному, нахиленому або вертикальному напрямку; б) – схема забивання труб пневмопробійником; в) – віброударна установка у стартовому котловані; г) – керований пневмопробійник Grundosteer: 1 – приймальний прямок; 2 – наконечник; 3 – труба, що забивається; 4 – ролик направляюча для утримання та позиціонування труб перед зварюванням; 5 – зварювальний агрегат; 6 – штанга перевірки прямолінійності розташування труби, що забивається; 7 – склад труб для доварювання; 8 – пневмопробійник; 9 – робочий котлован.

					ДІТ. 63 0000. 301. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

Статичний прокол. Механічний прокол з допомогою домкратів. При проколі свердловина формується шляхом радіального ущільнення ґрунту в її стінки. В якості силового агрегату використовують домкратну установку з комплектом штанг та розширювачів, або напірну трубу з оголовком. Для приводу гідроциліндрів використовують окрему автономну станцію або гідросистему будівельної техніки, що є в наявності. Іншим виконанням напірного механізму є гвинтові домкрати з приводом від електромоторів та редукторів але останні зараз не використовуються через надмірну вагу, габарити, та складність і небезпеку при експлуатації.

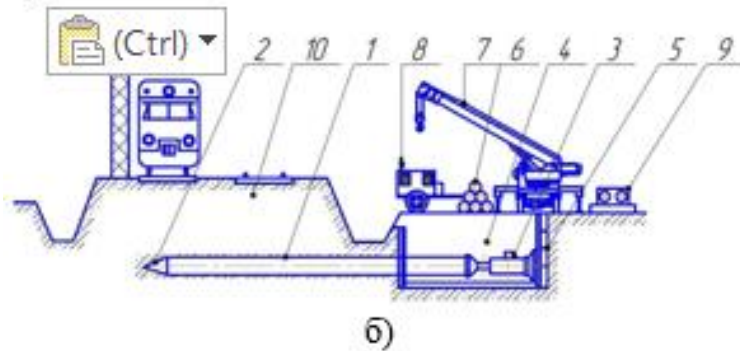
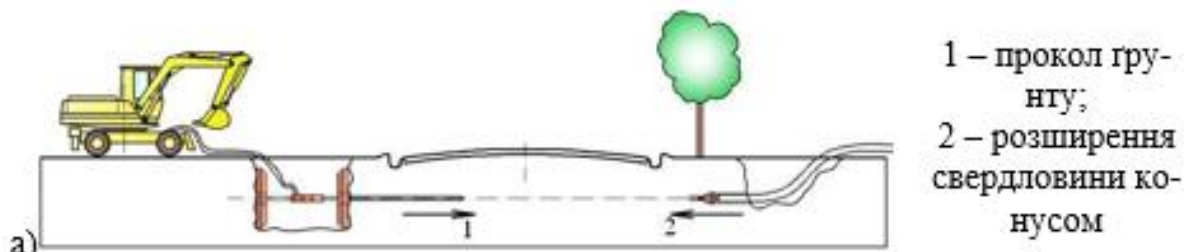
Метод статичного проколу ґрунту - один з перших і найбільш простих методів безтраншейної технології прокладення комунікацій і являє собою розробку горизонтальної свердловини шляхом впровадження в ґрунтовий масив конусного наконечника. Цей метод рекомендується застосовувати для прокладення труб діаметром до 350 мм в глинистих і суглинних ґрунтах. Зустрічаються випадки проколу ґрунту і до 500 мм (рис. 1.4.) [14-17].

Технологія робіт полягає в наступному. Спочатку відриваються два приямка необхідних розмірів - стартовий і приймальний. У стартовому приямку встановлюється проколююча установка. Повторно - поступальними рухами гідроциліндрів проколююча голівка разом з нарощуваною складеною штангою впроваджується в ґрунтовий масив у напрямку до приймального приямку. У приймальному котловані відбувається заміна проколююча голівки на розширювач, до якого з тильного боку кріпиться труба.

Потім у зворотному напрямі складену штангу витягають з ґрунтового масиву, тим самим розширюючи свердловину з одночасним затягуванням труби.

Залежно від ґрунту і необхідного діаметру комунікації свердловину слід розширювати з поетапним протягуванням розширювачів, збільшуючи діаметр подальшого на 40 мм [14, 16, 17].

					ДІТ. 63 0000. 301. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8



1 – насосна станція з бензиновим ДВЗ, аксіальними насосами, гідробаком, фільтром та гідрорукавами; 2 – рама силової установки; 3 – короткі силові гідроциліндри; 4 – довгі силові гідроциліндри; 5 – гідророзподільники з запобіжними клапанами; 6 – редуктор для створення крутного моменту на робочих штангах; 7 – робочі штанги; 8 – ключ для закручування та переміщення штанг; 9 – подовжуюча рама з регульованими упорами; 10 – комплект швидкокороз'ємних з'єднань для гідрорукавів з захисними ковпачками; 11 – манометри для контролю зусилля протягування штанг та обертового моменту на штангах

Рис. 1.4. Статичний прокол ґрунту: а) – прокол та розширення ТПГ; б) – Прокол трубою футляром з наконечником; в) – установка МП-250 виробництва НВП «Газтехніка», м. Харків; г) – установка проколу ґрунту УПГ-30, ТОВ «Укріндустріалгруп», м. Дніпро; д) – установки для керованого статичного проколу ґрунту МПК-30-100, ТОВ «МБК Сінергія»

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДІТ. 63 0000. 301. МРПЗ

Арк.

9

Перевагою цього методу є:

- можливість здійснювати керування процесом проколу ґрунту;
- розробка ґрунту насухо (без застосування бентонітової суміші);
- відсутність витягнутого ґрунту зі свердловини за рахунок її радіального ущільнення;
- компактність, легкість і простота конструкції проколюючих установок.

Істотним недоліком такого методу є спучування денної поверхні ґрунту, яке відбувається, у разі, коли комунікація прокладається близько до поверхні. Таке явище викликає істотне ушкодження покриття автомобільної дороги, а також створює додаткове навантаження на довколишні підземні комунікації.

При використанні гвинтових домкратів – складність конструкції, велика маса, небезпека враження електричним струмом.

Метод продавлювання труб (рис. 1.5). Метод продавлювання є розробкою горизонтальної свердловини шляхом впровадження в ґрунтовий масив труби з відкритим торцем. Цей метод, як правило, застосовують для прокладення труб великих діаметрів 250-1500 мм на відстань 60-80 м в ґрунтах I - III категорій міцності [11, 18, 19].

Порядок виконання робіт наступний. У стартовий котлован встановлюється силова установка домкрата. Між силовою установкою і протилежною стінкою котловану на спеціальних санчатах розміщується секція труби, що продавлюється. Далі поступальною ходом штоків гідроциліндрів секція душиться в ґрунт (рис. 1.5, а). Нарощування труби здійснюється поетапно шляхом подання секцій у міру їх вдавлювання в ґрунт (рис. 1.5, б)

При кожному впровадженні труби в ґрунт на 2-2,5 м, необхідно з її внутрішньої порожнини робити виїмку ґрунтового керна, що утворився, який перешкоджає подальшому проходженню ґрунту углиб труби і створює загрозу випучування ґрунту на поверхню, що може привести до руйнування автомобільної дороги або ушкодження прилеглих комунікацій. Розробку ґрунтового керна виконують за допомогою спеціальних совків або желонки.

					ДІП. 63 0000. 301. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

В якості силової установки може застосовуватися практично будь-який домкрат, який в змозі розвинути необхідне зусилля. Як правило, це гідравлічні установки з 3-4 штовхаючими гідроциліндрами (див. рис. 1.5 а).

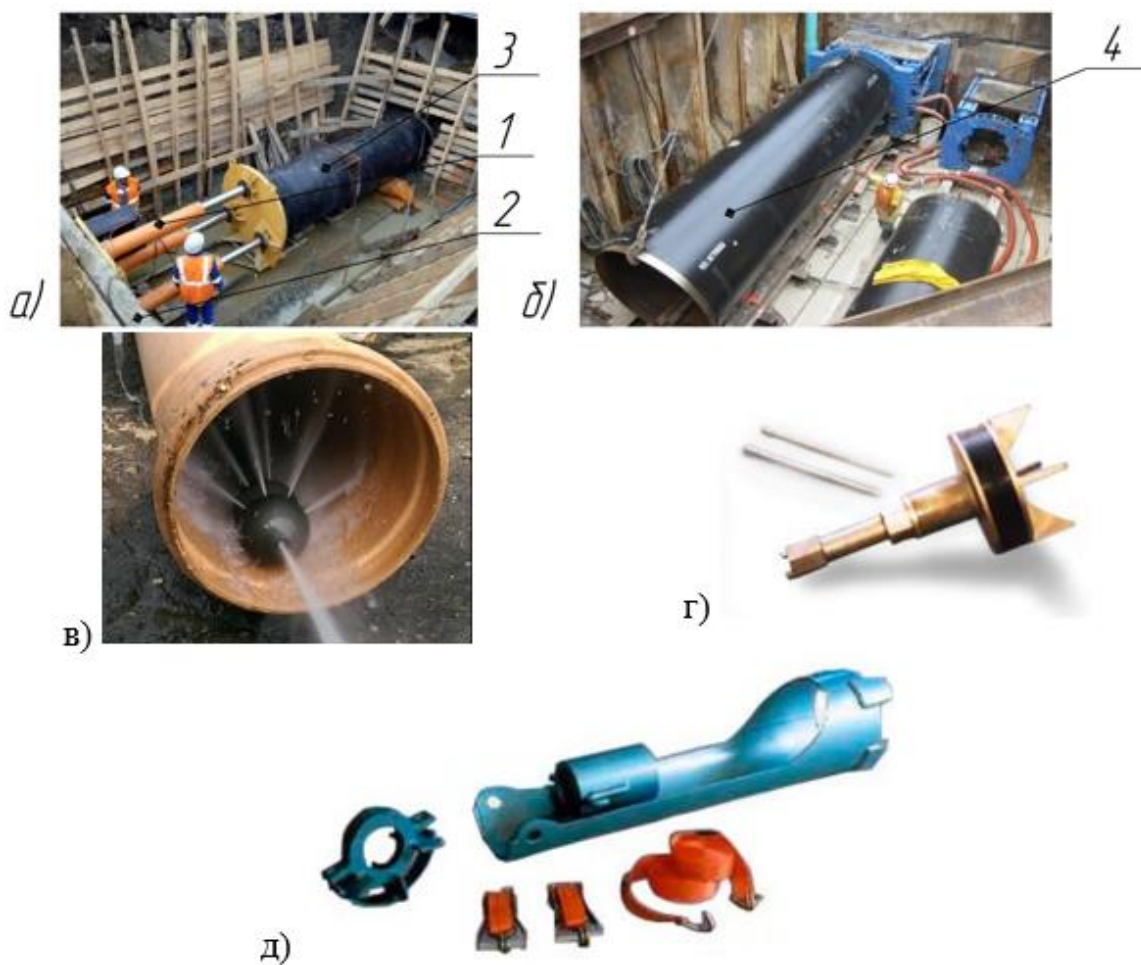


Рис. 1.5. Схема продавлювання секцій труби в ґрунт: а) – дущіння секції труби в ґрунт; б) – установка наступної ланки труби; в) – екскавація ґрунту з труби промиванням водою; г) – екскавація ґрунту з труби виштовхуванням поршнем; д) – екскавація ґрунту з труби желонкою. 1 – силова установка; 2 – упорна стінка; 3 – ланка труби, що прокладається; 4 – наступна ланка

Переваги методу продавлювання труб:

- можливість споруджувати переходи великих розмірів від 1000 до 2500 мм діаметром;
- можливість прокладання на невеликій глибині;

										Арк.
										21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДІТ. 63 0000. 301. МРПЗ					

- можливість прокладання в обводнених ґрунтах;

До недоліків цього методу відноситься:

- необхідність витягання ґрунтового керна з порожнини труби, що вимагає застосування додаткових пристроїв;
- проходка свердловин тільки по прямолінійній траєкторії;
- застосування цього методу ускладнене в гравелистих і абсолютно неможливо в ґрунтах з великою кількістю крупнообломочних включень, а також в скельних породах;
- велика вага і габарити силової установки вимагають застосування вантажопідійомної техніки і розкопування котловану відповідних розмірів з урахуванням довжин натискних патрубків;
- використання натискних патрубків різних розмірів;
- обмеження по мінімальному діаметру свердловини, що розробляється;
- ушкодження поверхневого ізоляційного шару труби;
- облаштування посиленних напірних стінок;
- не можна використовувати для укладання пластикових футлярів.

Гідропроколом – зштовхування труб-футлярів з лідерним розмиванням ґрунту попереду наконечника (рис. 1.6). Даний метод заснований на лідируючому розмиванні ґрунту перед трубою, що прокладається, з використанням додаткової штанги або самого трубопроводу з наконечником.

Переваги методу гідропроколу труб:

- простота конструкції та самого виконання робіт;
- низка собівартість обладнання та робіт.

До недоліків цього методу відноситься:

- проходка свердловин тільки по прямолінійній траєкторії;
- застосування цього методу великої кількості води приводить до надмірного зволоження ґрунту та втрату його стійкості;

					ДІТ. 63 0000. 301. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

- обмеження по максимальному діаметру свердловини, що розробляється;
- ушкодження земляного полотна та сусідніх комунікацій;
- потреба в великій кількості води та місця для утилізації пульпи.



Рис. 1.6. Схема проколювання ґрунту з промиванням водою

1.4 Метод горизонтального шнекового буріння

Буріння горизонтальних свердловин і прокладення в них трубопроводів виконують за допомогою спеціальних механізованих установок (рис. 1.7.) циклічної і безперервної дії. У міському будівництві широко застосовують уніфіковані установки горизонтального буріння УГБ, що здійснюють безперервне механічне буріння фрезерною голівкою горизонтальної свердловини, поєднане з одночасним прокладенням в ній захисного футляра, через який потім протягається робочий трубопровід дещо меншого діаметру [19, 20].

Ці установки (рис. 1.7.) мають однаковий принцип дії і забезпечують прокладення в ґрунтах I-IV категорії труб-кожухів під трубопроводи діаметром 325 - 1700 мм при максимальній довжині прокладення від 20 до 100 м.

До переваг відносяться:

- можливість виконання робіт на невеликих глибинах;
- виконання робіт в ґрунтах I-IV категорії;

					ДПТ. 63 0000. 301. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

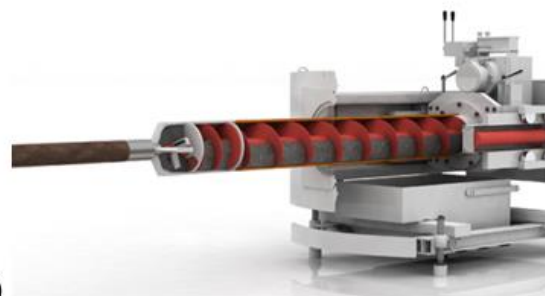
- великі діаметри трубопроводів;
- можливість прокладання залізобетонних труб;
- мінімальний вплив на комунікації, що пролягають поруч.

До недоліків відносяться:

- велика початкова вартість установки;
- громіздке обладнання;
- необхідність обладнання напрямків великих розмірів (порівняно з іншими способами);
- низький ККД транспортування ґрунту (використання шнекового конвеєра);
- неможливість використання в водо насичених ґрунтах;
- неможливість отримання криволінійної траєкторії отвору;
- невелика довжина отвору.



а)



б)



в)



г)

Рис. 1.7. Установки шнекового буріння: а) – розбурювання пілотного отвору – пресова бурова установка Perforator PVA-150 ; б) – розташування шнеку та ґрунту в момент пілотного розбурювання; в) – робота машини в напрямку з встановленою секцією труби, яка прокладається – пресова бурова установка Perforator PVA-200; г) – бурошнекова установка ABS-800 (Auger Boring Systems) (Германия)

					ДІТ. 63 0000. 301. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

1.5 Спосіб ГНБ буріння

Горизонтально-спрямоване буріння ГНБ - це метод безтраншейного прокладання трубопроводів і інших комунікацій на різній глибині під природними і штучними перешкодами без порушення режиму їх звичайного функціонування [21-23].

Але окрім всього, метод ГНБ досить простий і зрозумілий. У позначеній точці входу трубопроводу ставиться установка ГНБ (рис 1.8.). Далі по заданій траєкторії вона бурить свердловину, а потім з точністю виходить по іншу сторону перешкоди. Але залежно від потрібного діаметру свердловини, для установки, наприклад, декількох труб або ж труб-футлярів, буріння виконуватиметься за один або за декілька етапів.

Залежно від діаметру свердловини, що потрібна, для протягування однієї або декількох труб або труб-футлярів, виконується в один або декілька етапів розширення свердловини. В отриману свердловину з використанням спеціального бурового розчину, як змащуючої і формувальної канал речовини, зтягуються потрібні труби і кабелю. Для волоконно-оптичних кабелів зтягується труба-футляр, куди потім зтягується кабель.

Підготовчий етап. До початку виробництва робіт має бути спланована і розрахована траєкторія буріння.

Основні моменти планування:

- визначення довжини і глибини шляху буріння;
- облік підземних комунікацій і інших перешкод;
- отримання інформації про існуючі підземні об'єкти;
- отримання дозволів на проведення робіт і визначення джерел ризику.

Пілотне буріння - первинна проходка бурового інструменту по заданій, розрахованій траєкторії. При цьому в процесі буріння в свердловину подається буровий розчин, необхідний для змазування бурового каналу і утримання стінок каналу від обвалення. "Трасування" по осі буріння здійснюється за допо-

					ДІП. 63 0000. 301. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

могою сучасної локаційної системи, ґрунтованої на комп'ютерній обробці інформації в режимі реального часу, що поступає у вигляді сигналу від випромінювача, який розташований у буровій голівці, що забезпечує високу точність проведення робіт.

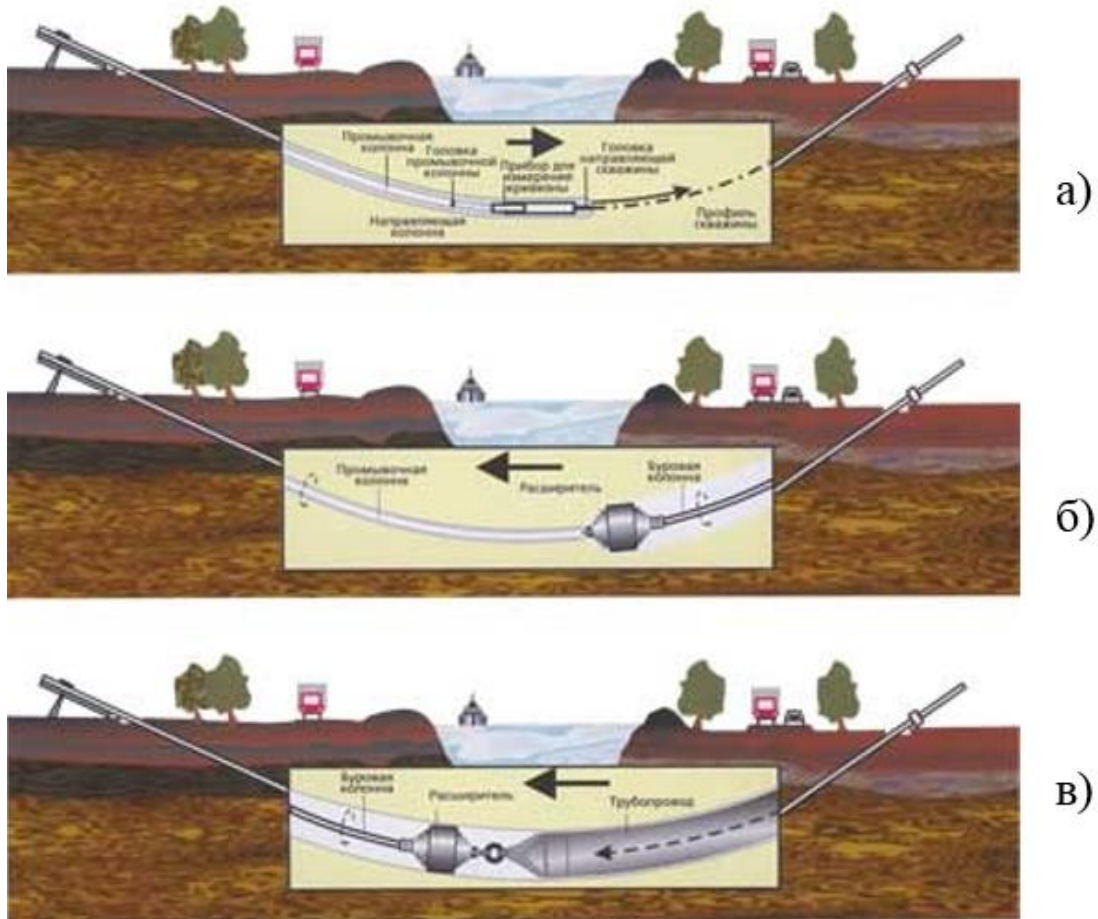


Рис. 1.8. Етапи горизонтально направлено буріння ГНБ: а) – стартове (пілотне) кероване буріння по заданій траєкторії; б) – попереднє розширення отвору; в) – остаточне розширення отвору та затягування трубопроводу (футляра)

Попереднє розширення. Після того, як бурова голівка виведена на поверхню землі, необхідно збільшити діаметр свердловини до діаметру на 20-30% більше діаметру труби, що прокладається. Для чого використовується одне або декілька попередніх розширень, що послідовно збільшують діаметр

бурового каналу. При цьому бурова голівка від'єднується і на її місце прикручується розширювач. Процес розширення проводиться "зворотним ходом", тобто розширювач проходить від точки виходу бурової голівки до точки забурювання до бурової установки (рис. 1.8. б).

При цьому також упродовж усього процесу розширення у буровий канал подається буровий розчин відповідної консистенції, для стабілізації і мастила стінок каналу. Підготовка та попередня подача розчину до бурової установки (рис. 1.9) виконується додатковим обладнанням (рис. 1.10).

Затягування трубопроводу. На протилежній стороні від бурової установки (у точки виходу бура) розташовується готова до протягування труба, що з'єднана між собою з мірних кусків при допомозі зварювання). Труба кріпиться до бурових штанг за допомогою спеціального захоплення та вертлюга, і протягується у бурову свердловину. Обертання труби в процесі затягування виключене завдяки шарнірному з'єднанню (вертлюгу) з колоною бурових штанг. Подання бурового розчину у свердловину йде на всьому протязі затягування труби.

Таким чином, бурова установка затягує у свердловину нитку трубопроводу по проектній траєкторії. Сучасна комп'ютеризована технологія ГНБ, плюс економічна і соціальна ефективність і універсальність методу - це краща альтернатива традиційним методам роботи по прокладенню підземних комунікацій.



Рис. 1.9. Компактна установка горизонтально-направленого бурення ГНБ Astec DD-1215



Рис. 1.10. Змішувальна установка МА 03 фірми Tracto-Technik.

					ДІТ. 63 0000. 301. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

До переваг відносяться:

- виконання всіх операцій без виходу на поверхню;
- відсутність приямків;
- керованість процесу буріння (отримання отвору заданої траєкторії);
- великі розміри отворів (63-2000 мм);
- велика довжина (100 – 3000 м);
- мала кількість обслуговуючого персоналу 3-8 чол;
- високий ступінь механізації робіт до 90%;
- прокладання комунікацій на глибині великій глибині (1-30 м);
- екологічність;
- робота у всіх типах ґрунтів (кам'янисті та скельні на невеликих відстанях включно);
- незалежність від погодних умов (умовно).

До недоліків відносяться:

- велика вартість обладнання (суттєва проблема);
- висока собівартість робіт (використання бентонітових та полімерних розчинів);
- висока кваліфікація робітників;
- використання додаткового обладнання (установка для змішування бентоніту);
- використання великої кількості води або бентонітового розчину (30-3000 л/м.п.);
- високе насичення вологою ґрунту в місці виконання робіт;
- можливість просідання ґрунту вздовж отвору по якому протягують трубу (рис. 1.11).

					ДІТ. 63 0000. 301. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28



а)



б)

Рис. 1.11. Аварійні ситуації при виконанні ГНБ робіт: а) – провал асфальтобетону в районі старту; б) – провал асфальтобетону по траєкторії робіт

1.6 Особливості прокладання комунікацій енергетики та зв'язку

Планування капітального будівництва та капітального ремонту будь-яких комунікацій на сьогоднішній день тісно пов'язана з використанням безтраншейних технологій [25-33]. Використання відкритого способу виконання переходів через дорожнє покриття допускається лише при відсутності можливості використати енергоощадні технології (наявність щільного залягання старих комунікацій, особливості будови земляного полотна).

Прокладання електричного кабелю та захисних елементів в ґрунті та глибина його залягання регламентується [25-33]. Використання додаткового прошарку піщаної суміші. У траншеях викопаних в мінеральних, дрібнозернистих, сипучих (наприклад, в пісках, глинистих пісках і супісках) ґрунтах кабель і захисні елементи (труби) необхідно укладати безпосередньо на дні траншеї і засипати місцевим, «рідним» ґрунтом. У траншеях викопаних у відмінному від вищезгаданого ґрунті, кабель і захисні труби необхідно укладати на дні траншеї на додатковому прошарку піску завтовшки мінімум 10 см, а зверху засипати кабель спочатку шаром піску завтовшки мінімум 10 см (від верхньої частини кабелю), а потім вже «рідним» ґрунтом. Пісок для підсипання може бути будівельним, річковим або глинистим. Краще всього використовувати глинистий пісок.

										Арк.
										29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДІТ. 63 0000. 301. МРПЗ					

Монтаж труб на переходах. Довжина і тип переходу. Довжина одностру-
бного переходу (проколу) в землі не повинна перевищувати 30 м. Перехід по-
винен бути прямим по всій своїй довжині. Не допускається виконання поворо-
тів на переходах, а особливо виконувати вигинання кінців кабелю на перехо-
дах. В окремих скрутних умовах допускається виконання переходів із захис-
них труб завдовжки 40 м [25-32, 34-36]. Глибина та спосіб прокладання
захисних елементів.

Використання існуючих переходів (проколів). У разі реконструкції ка-
бельної лінії допускається використання існуючих переходів (труб пластико-
вих, сталевих) за умови, що дані переходи виконані на глибині і відповідно до
вимог [34, 36].

Останнім часом активно ведуться роботи із створення технологій і меха-
нізмів для комбінації розглянутих вище методів. Метою, яких являються роз-
ширення функціональних можливостей тій або іншій установці шляхом об'є-
днання переваг кожного з комбінованих методів.

Так, наприклад, з метою розширення сфери можливого використання
ГНБ методу та здешевлення процесу фірма МСК «Синергія» м. Дніпро поєд-
нує горизонтально направлене буріння з статичним проколюванням ґрунту з
або без попереднього замочування масиву бентонітовим розчином, що дає
змогу збільшити темпи виконання робіт та зниження витрат.

Відомі способи комбінацій на основі горизонтального буріння з розкат-
кою свердловини [37]. Залежно від ґрунтових умов, діаметру і довжини свер-
дловини, а також наявності поблизу прокладених комунікацій, вибирається
послідовність розробки свердловини. Якщо діаметр і довжина свердловини не-
великих розмірів і зблизька немає інших комунікацій, то свердловину можна
створити методом розкочування. У випадку якщо, зблизька є інші комунікації,
то спочатку виконується пілотна свердловина розкочуванням діаметром 50
мм.

					ДІТ. 63 0000. 301. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

Далі по пілотній свердловині виконується шнекове буріння з діаметром шнека на 40-80 мм менше кінцевого діаметру свердловини. Потім доведення свердловини до необхідного діаметру виконується відповідного розміру розкатчиком, що дозволяє отримати гладкі ущільнені стінки свердловини.

Недоліки такі ж як і при комбінації методів проколу і шнекового буріння.

					ДІТ. 63 0000. 301. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		§1

2 ПАТЕНТНИЙ ОГЛЯД ТА ОГЛЯД ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Пристрій для безтраншейного прокладення трубопроводів способом проколу

Патент RU 2394128 С1 МПК E02F 5/18 (2006.01). Автори: Ромакин Н. Е., Максимов В. П., Максимов С. В. – Пристрій для безтраншейного прокладення трубопроводів способом проколу [37].

Винахід відноситься до будівництва, а саме до пристроїв, призначених для безтраншейного прокладення трубопроводів способом проколу, і може знайти застосування для облаштування прихованих переходів при прокладенні трубопроводів, кабельних ліній зв'язку і електропередач. Технічний результат – підвищення ефективності дії пристрою і зниження енергоємності. Пристрій містить лідер і розширювач, оснащені гвинтовою лопаттю з односторонньою навивкою, жорстко сполучені трубчастим валом з радіальними отворами.

При цьому розширювач закріплений на передньому по напрямку проколу кінці трубопроводу, що прокладається, який оснащений механізмом обертання і механізмом дії на ґрунт в лідерній свердловині. Механізм дії на ґрунт в лідерній свердловині виконаний у вигляді пружної газонепроникної оболонки, встановленої на трубчастому валу, який сполучений з джерелом стислого газу.

При цьому пружна газонепроникна оболонка може бути виконана у вигляді рукава, кінці якого закріплені на рухливих ущільнюючих манжетах, встановлених на трубчастому валу.

Мета винаходу - підвищення ефективності дії і зниження енергоємності.

Для досягнення поставленої мети механізм дії на ґрунт в лідерній свердловині виконаний у вигляді пружної газонепроникної оболонки, встановленої на трубчастому валу, який сполучений з джерелом стислого газу, при цьому пружна газонепроникна оболонка може бути виконана у вигляді рукава,

					ДІП. 63 0000. 301. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

кінці якого закріплені на рухливих ущільнюючих манжетах, встановлених на трубчастому валу.

На рис. 2.1 представлений загальний вигляд пристрою, на рис. 2.2 - головна частина облаштування після спрацьовування механізму дії на ґрунт.

Пристрій для безтраншейного прокладення трубопроводу способом проколу містить лідер 1 у вигляді конуса з гвинтовою лопаттю, розширювач 2 у вигляді порожнистого робітника наконечника конічної форми, оснащеного гвинтовою лопаттю того ж напрямку, що і лідер, трубчастий вал 3 з радіальними отворами 4, жорстко сполучений з лідером і розширювачем, який через замковий пристрій 5 сполучений з джерелом стисненого повітря 6. На валу жорстко закріплені стакани 7, усередині яких навалу встановлені рухливі ущільнюючі манжети 8, до яких кріпляться торці оболонки 9 з пружної газонепроникної тканини і пружини стискування 10. Корпус розширювача через перехідну муфту 11 жорстко закріплений на передньому по напрямку проколу кінці трубопроводу, що прокладається, 12, протилежний кінець якого сполучений з механізмом обертання труби, який включає раму 13, в тих, що направляють якій переміщується візок 14, на якій встановлений привід 15 у вигляді електродвигуна з планетарним редуктором, на вихідному валу якого встановлений механізм затиску труб у вигляді патрона 16 для передачі обертання трубопроводу. Направляючий каток 17 забезпечує напрям проколу в момент забурювання.

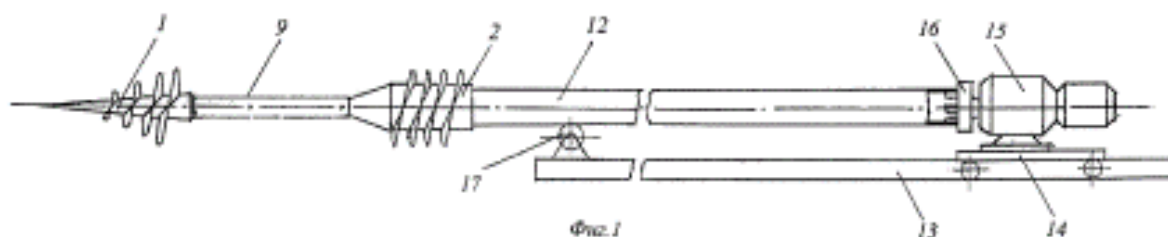


Рис. 2.1.

Для здійснення проколу включається привід 15, який обертає патрон 16, а разом з ним і трубопровід, що прокладається, 12 розширювач 2, трубчастий вал 3 та лідер 1.

Лідер 1, угвинчувавшись в ґрунт, утворює лідерну свердловину діаметром дещо більшим, ніж зовнішній діаметр пружної оболонки в неробочому стані, і захоплює за собою трубчастий вал 3 із закріпленою на нім пружною оболонкою 9 розширювача 2 трубопроводу, що прокладається, 12 і візок 14 зі встановленим на ній приводом 15 по напрямляє раму 13 у напрямі прокол. При впровадженні розширювача 2 в ґрунт зростає момент загвинчування до заданої величини. Після цього привід 15 включається і замковий пристрій 5 сполучає джерело стислого газу 6 з трубчастим валом 3, який через радіальні отвори 4 подається у внутрішню порожнину пружної газонепроникної оболонки 9, яка розширює лідерну свердловину. При цьому оболонки, манжети що ущільнюють, 8 переміщуються до кінців трубчастого валу 3, компенсуючи витяг пружної газонепроникної оболонки 9 і стискають пружини 10.

Після розширення пілотної свердловини до потрібного розміру замковий пристрій 5 припиняє подання газу і сполучає внутрішню порожнину оболонки 9 з атмосферою. Під дією пружини 10 манжет 8 повертаються в початкове положення, забезпечуючи компактне укладання оболонки 9 уздовж трубчастого валу 3. Після чого включається привід 15 і цикл повторюється.

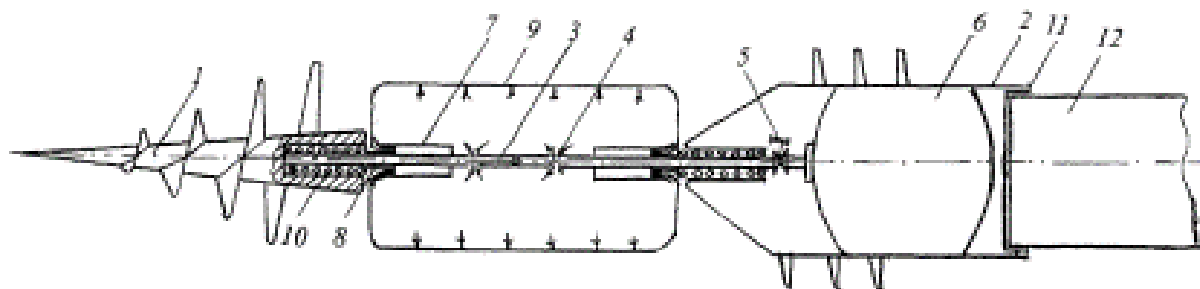


Рис. 2.2

Виконання механізму дії на ґрунт в лідерній свердловині у вигляді пружної газонепроникної оболонки, встановленої на трубчастому валу, що сполучає лідер і розширювач, який сполучений з джерелом стислого газу, дозволить значно скоротити витрату газу, оскільки при розширенні лідерної свердловини оболонкою відсутня фільтрація і прориви газу через ґрунт, і значно понизить

					ДІТ. 63 0000. 301. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

тиск газу, оскільки в пропонованій конструкції розширення лідерної свердловини відбувається більш тривалий час і динамічні навантаження розширення свердловини практично відсутні. Стабільнішими стають розміри і форма розширеної ділянки пілотної свердловини, оскільки оболонка стабілізує тиск на ґрунт по усій поверхні розширюваної свердловини. Усе це дозволить підвищити ефективність дії і понизити енергоємність пристрою.

Формула винаходу

1) Пристрій для безтраншейного прокладення трубопроводів способом проколу, що містить пілот і розширювач, оснащені гвинтовою лопаттю з односторонньою навивкою і жорстко з'єднанні трубчастим валом з радіальними отворами, при цьому розширювач закріплений на передньому по напрямку проколу кінці трубопроводу, що прокладається, який оснащений механізмом обертання і механізмом дії на ґрунт в пілотній свердловині, відрізняється те, що механізм дії на ґрунт в лідерній свердловині виконаний у вигляді пружної газонепроникної оболонки, встановленої на трубчастому валу, який з'єднується з джерелом стислого газу.

2) Пристрій по п. 1. що відрізняється тим, що пружна газонепроникна оболонка виконана у вигляді рукава, кінці якого закріплені на рухливих ущільнюючих манжетах, встановлених на трубчастому валу.

2.2 Установка для проколювання пілотної свердловини

Патент RU 2254418 С1 Е 02 F 5/8. Автор: Ніконов С.А. -Установка для проколювання пілотної свердловини [38]. Патентовласник: ТОВ НТЦ "Екопром".

Винахід відноситься до гірської справи і будівництва, зокрема до устаткування для безтраншейного прокладення труб під дорогами і іншими інженерними спорудами. Установка для проколювання пілотної свердловини містить опущені в прямокутний силіндричний циліндр з порожнистим штоком і з опорою, тяго-

					ДІП. 63 0000. 301. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

вий механізм, пов'язаний з циліндром і робочим органом, що взаємодіє з грунтом і виконаним у вигляді пов'язаного між собою конічного наконечника і штанги, розділеної на відсіки і пропущеної через порожнину штока, облаштування управління роботою установка. Силовий циліндр виконаний гідравлічним, тяговий механізм складається з шайби з пазом, повзуна, розміщеного в пазу.

Шайба встановлена на штоку поворотною й обмежена від подовжніх переміщень, повзун має ручку управління і в ньому виконаний фігурний отвір у вигляді сполучених між собою шестигранника і круга, на кожному відсіку штанги виконана зовнішня проточка, що має в поперечному перерізі шестигранник, подібний шестиграннику повзуна. На периферії шайби розміщений ролик.

На опорі закріплений копір, встановлений з можливістю контакту з роликом, установка забезпечена транспортабельним контейнером, останній встановлений в прямку і має корпус, дно і кришку на шарнірах, корпус - отвір для штанги та її направляючу, розміщену усередині корпусу. Кожен відсік штанги має на одному кінці зовнішнє конічне різьблення, а з протилежного боку внутрішнє різьблення, відповідь зовнішньому. Пристрій керування роботою установки устатковано пультом, конічний наконечник має передавач радіосигналу положення в ґрунті, а над поверхнею землі встановлений прилад, що сприймає радіосигнал, пов'язаний з пультом управління. Спрощується конструкція і підвищується надійність пристрою.

Технічний результат цього винаходу полягає в створенні установки для проколювання пілотної свердловини, яка має спрощену і надійну конструкцію, малі габарити і хорошу керованість.

Суть винаходу як технічного рішення виражається в сукупності наступних істотних ознак.

					ДІПТ. 63 0000. 301. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

Установка для проколювання пілотної свердловини, що містить опущені в приямок силовий циліндр з порожнистим штоком і з опорою, тяговий механізм, пов'язаний з циліндром і робочим органом, що взаємодіє з ґрунтом і виконаним у вигляді пов'язаного між собою конічного наконечника і штанга, розділеною на відсіки і пропущеною через порожнину штока, облаштування управління роботою установки, відрізняється тим, що силовий циліндр виконаний гідравлічний, тяговий механізм складається з шайби з пазом, повзуна, розміщеного в пазу, причому шайба встановлена на штоку поворотною й обмежена від подовжніх переміщень, повзун має ручку управління і в ній виконаний фігурний отвір у вигляді сполучених між собою шестигранника і круга, на кожному відсіку штанга виконана зовнішня проточка, що має в поперечному перерізі шестигранник, відповідь шестиграннику повзуна, на периферії шайби розміщений ролик, а на опорі закріплений копір, встановлений з можливістю контакту з роликом, установка забезпечена транспортабельним контейнером, останній встановлений в приямку і має корпус, дно і кришка на шарнір, а корпус - отвір для штанг і її направляючу, розміщену в середині корпус.

Крім того, кожен відсік штанг має на одному кінці зовнішнє конічне різьблення, з протилежного боку – внутрішнє різьблення, відповідь зовнішньою.

Пристрій управління роботою установки обладнаний пультом, конічний наконечник має передавач радіосигналу положення в ґрунті, а над поверхнею землі встановлений прилад, що сприймає сигнал, пов'язаний з пультом.

На рис. 2.3 представлена схема установки у вертикальній площині, на рис. 2.4 - схема тягового механізму, на рис. 2.5 показана схема повзуна з фігурним пазом, а на рис. 2.6 приведений розріз А-А по рис. 2.5.

					ДІТ. 63 0000. 301. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

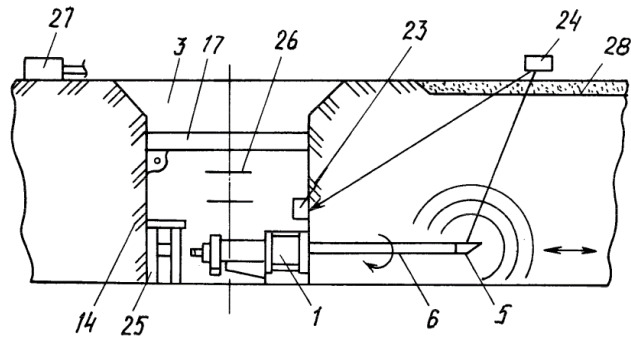


Рис. 2.3

Установка для проколювання пілотної свердловини містить силовий циліндр 1 з опорою 2, опущені в приямок 3, тяговий механізм, зв'язаний з циліндром 1 і робочим органом, що взаємодіє з ґрунтом, і облаштування управління роботою установки.

Силовий циліндр 1 виконаний у вигляді гідроциліндра зі штоком 4, і останній має внутрішню наскрізну порожнину, робочий орган представляє з'єднані між собою конічний наконечник 5 і штангу 6, пропущену через порожнину штока 4. Тяговий механізм складається з шайби 7 з пазом 8, повзуна 9, розміщеного в пазу 8, причому шайба 7 встановлена на штокові 4 поворотною і обмежена від подовжніх переміщень, повзун 9 має ручку управління 10 і в повзуні виконаний фігурний отвір у вигляді сполучених між собою шестигранника і круга, штанга 6 розділена на відсіки 11 і на кожному відсіку 11 виконана зовнішня проточка, що має в поперечному перерізі шестигранник, відповідь шестиграннику повзуна 9 що взаємодіє з ним з обмеженням повзуна 9 від подовжніх переміщень, на периферії шайби 7 розміщений ролик 12, а на опорі 2 закріплений копір 13, що контактує з роликом 12, установка оснащена транспортабельним контейнером 14, останній встановлений в приямку 3 і має корпус 15 дно 16 і кришка на шарнір 17, а корпус 15 - отвір 18 для штанга 6 і її направляє 19, розміщений усередині корпус 15.

Крім того, кожен відсік 11 штанг 6 має на одному кінці зовнішнє конічне різьблення 20, а з протилежного боку - внутрішнє різьблення 21 відповідь зовнішньою, а кожна зовнішня проточка обмежена бортиками 22 виконаними з

										Арк.
										38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДІТ. 63 0000. 301. МРПЗ					

можливістю контактування з повзуном 9, причому діаметр круга повзуна 9 більше діаметру бортика 22 відсіки 11 штанг 6.

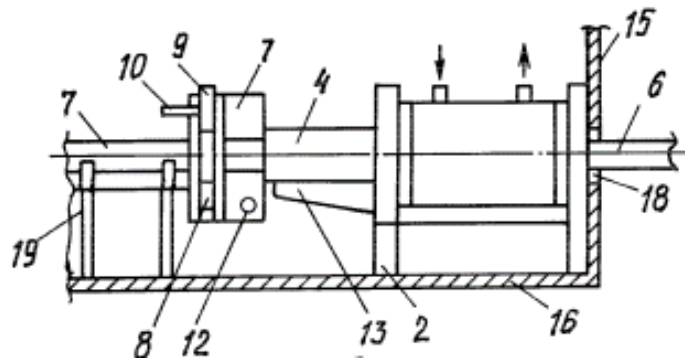


Рис. 2.4

Пристрій управління роботою установки забезпечено пультом 23, кінцевий наконечник 5 має передавач радіосигналу (не показаний) положення в ґрунті, а над поверхнею землі встановлений прилад, що сприймає радіосигнал, 24 пов'язаний з пультом 23.

Усередині корпусу 15 розміщено сидіння 25 для оператора (не показаний) і закріплені по вертикалі сходинок 26.

Для забезпечення роботи силового гідроциліндра 1 зовні розміщена, наприклад, маелостанція 27, від якої в пряминок 3 і далі до гідроциліндру 1 прокладені напірні шланги (не показані). На рис. 2.3 зображена також перешкода (дорога) 28, під яким здійснюють спорудженні свердловини. Установка для проколювання пілотної свердловини працює таким чином.

При необхідності спорудження свердловини під перешкодою 28 викопують два пряминок 3 (один пряминок не показаний) і в один з них опускають за допомогою вантажопідйомного крану контейнер 14. На поверхні землі поряд з пряминком 3 встановлюють гідравлічний привід установки від гідросистеми трактора, екскаватора, автокрана або гідроелектростанції 27, а також датчик 24, який знаходиться в руках помічника оператора.

					ДІТ. 63 0000. 301. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

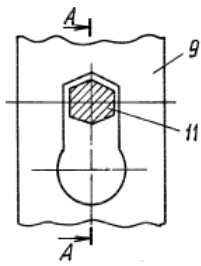


Рис. 2.5

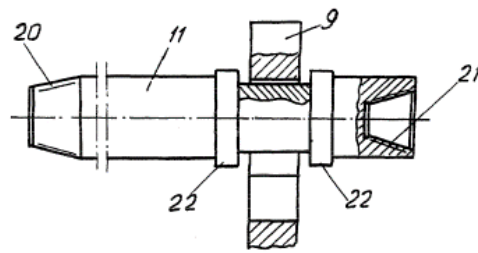


Рис. 2.6

Спочатку оператор кладе на направляючу 19 відсік 11 штангу 7 піднімає повзун 9 вгору за допомогою ручки 10 і вставляє відсік 11 в круглий отвір повзуна 9, опускає повзун вниз, і тоді відбувається процес поєднання обох шестигранників відсіку 11 і повзуна 9. Потім конічний наконечник 5 сполучають з відсіком 11 за допомогою різьблення, і оператор включає гідроциліндр 1, переміщуючи при цьому шток 4 з шайбою 7 і повзуном 9 управо, що також викликає переміщення наконечника 5 з відсіком 11 управо, оскільки бортик 22 входить в контакт з повзуном 9. Внаслідок цього наконечник 5 зусиллям штока 4 гідроциліндру 1 впроваджується в ґрунт, який при цьому розсовується в сторони, ущільнюється і зміцнює стінки утворюваної горизонтальної свердловини. Після закінчення робочого ходу гідроциліндра 1 на направляючу 19 кладуть інший відсік 11. ручкою 10 піднімають повзун 9, повертають шток 4 з шайбою 7 назад, з'єднують за допомогою конічного різьблення відсіки 11, опускають повзун 9 і знову пересувають шток 4 управо. Відбувається подальший прокол свердловини

Якщо на пульті 23 з'явиться сигнал від приладу 24 про відхилення наконечника 5 від заданого напрямку, то оператор за допомогою ручки 10 вводить в контакт з копиром 13 ролик 12, що при русі штока 4 спричинить поворот штанги 6 і наконечник 5 змінить кут нахилу, а штанга 6 займе заданий напрям. Таким чином здійснюють прохід усієї свердловини, і наконечник 5 виходить в другий приямок. Надалі, залежно від технології робіт, роблять розширення свердловини подальшим зворотним протягуванням штанги 6, на якій встановлені розширювачі і трубопроводи. Після закінчення робіт штангу розбирають

									Арк.
									40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДІТ. 63 0000. 301. МРПЗ				

на відсіки і розміщують в контейнері, в якому передбачені складські приміщення (не показані), а контейнер за допомогою автокрана витягається з прямика і перевозиться на інший об'єкт.

Установка для проколювання пілотної свердловини виготовлена, пройшла успішно випробування на фірмі "Екопром" (Росія) і нині широко застосовується при безтраншейному прокладенні трубопроводів діаметром 630 мм в ґрунтах першої- третьої категоріях міцності. За допомогою цієї установки можна прокладати трубопроводи на глибині до 10 м і по заданій траєкторії, в тому числі безнапірні трубопроводи, працювати без бурового розчину, що особливо важливо в зимовий час, працювати в дуже обмежених умовах, в тому числі з робочого котловану діаметром 1.5 м.

Установка проста в пристрої, обслуговуванні і ремонті.

Формула винаходу.

1) Установка для проколювання пілотної свердловини, що містить опущені в пряминок силовий циліндр з порожнистим штоком і з опорою, тяговий механізм, пов'язаний з циліндром і робочим органом, що взаємодіє з ґрунтом і виконаним у вигляді пов'язаного між собою конічного наконечника і штанги, розділеної на відсіки і пропущеної через порожнину штока, пристрою управління роботою установки, відрізняється тим, що силовий циліндр виконаний гідравлічним, тяговий механізм складається з шайби з пазом, повзуна, розміщеного в пазу, причому шайба встановлена на штокові поворотною і обмежена від подовжніх переміщень, повзун має ручку управління і в ній виконаний фігурний отвір у вигляді сполучених між собою шестигранника і круга, на кожному відсіку штанги виконано зовнішня проточка, що має в поперечному перерізі шестигранник, відповідь шестиграннику повзуна, на периферії шайби розміщений ролик, а на опорі закріплений копір, встановлений з можливістю контакту з роликом, установка забезпечена транспортабельним контейнером, останній встановлений в прямику і має корпус, дно і кришку на шарнірі, а корпус - отвір для штанг і її направляючу, розміщену усередині корпусу.

					ДІТ. 63 0000. 301. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

2) Установка по п. 1, що відрізняється тим, що кожен відсік штанги має на одному кінці зовнішнє конічне різьблення, а з протилежного боку - внутрішнє різьблення, відповідь зовнішньою.

3) Установка по п. 1, що відрізняється тим, що пристрій управління роботою установки забезпечений пультом, конічний наконечником, що має передатчик радіосигналу положення в ґрунті, а над поверхнею землі встановлено прилад, що сприймає радіосигнал, пов'язаний з пультом управління.

2.3 Стенд для дослідження процесу викривлення свердловини

Україна, патент на винахід UA 6195. C1. E02 F 5/18. Опис до патенту на винахід «Стенд для дослідження процесу викривлення свердловини». Автори: Баховець Борис Опанасович, Лелявський Віталій Володимирович, Семенюк Михайло Олександрович (UA) [39].

Винахід відноситься до техніки бурових робіт. Мета – підвищення точності визначення траєкторії стовбура свердловини. Стенд (рис. 2.7.) містить прямокутну оснастку-опалубку 1, роз'ємне зв'язані блоки, заповнені штуфами 2 породи, що скріплюють цементом – 3. У роз'ємах блоків опалубки 1 перпендикулярно її дну і подовжнім стінкам встановлені прямокутні пластини 4 з поєднанням їх отворів. Пластини 4 виконані з легкорозбурюваного матеріалу. По кутах пластин розміщені отвори. Пластини 4 кріплять до стінок і дна опалубки 1, останню заповнюють штуфами 2 породи і заливають цементом. Буріння здійснюють пристроєм для відхилення, на задану довжину, на якій перетинається цемент 3, штуфи 2 і пластини 4. Після закінчення досвідченого буріння опалубка 1 розбирається і звільняються пластини 4, в яких зафіксовані поперечні перетини стовбура викривленої свердловини у вигляді отворів.

Винахід відноситься до техніки бурових робіт і призначене для дослідження процесу викривлення при використанні різних скривлюючі пристроїв і технологій.

					ДПТ. 63 0000. 301. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

Мета винаходу – підвищення точності визначення траєкторії стовбура свердловини.

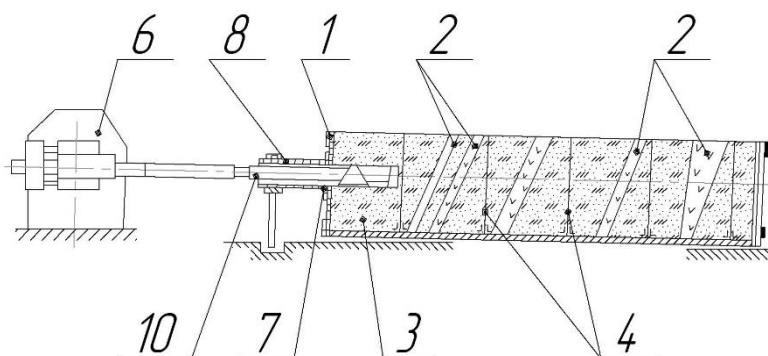


Рис. 2.7. Стенд для дослідження процесу викривлення свердловини

На рис. 2.7 показаний стенд, вигляд збоку; на рис. 2.8. – те ж, вигляд зверху; на рис. 2.9 – схема установки пластин в опалубці із зафіксованим положенням перетинів стовбура свердловини щодо координатних осей; на рис. 2.9 – проекція осі викривленого інтервалу стовбура свердловини на вертикальну і горизонтальну площини.

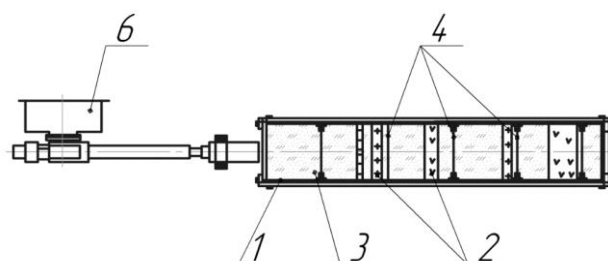


Рис. 2.8.

Стенд складається з розбірного прямокутного оснащення-опалубки 1, роз'ємна зв'язаних блоків штуфів породи 2, що скріплюють цементом 3, пластин 4 з легкокорозбурюваного матеріалу, що мають розміри поперечного перетину, рівні поперечному перетину внутрішньої порожнини опалубки 1. Пластины 4 встановлені перпендикулярно дну і подовжнім стінкам опалубки 1. Установка пластин 4 проводяться поєднанням отворів 5, виконаних в кожній

пластині 4 в їх кутах, причому положення отворів в кожній пластині 4 однаково. Буріння цементу 3 і породи 2 проводиться за допомогою бурового агрегату 6 через отвір 7 в опалубці 1. Робота на стенді здійснюється таким чином.

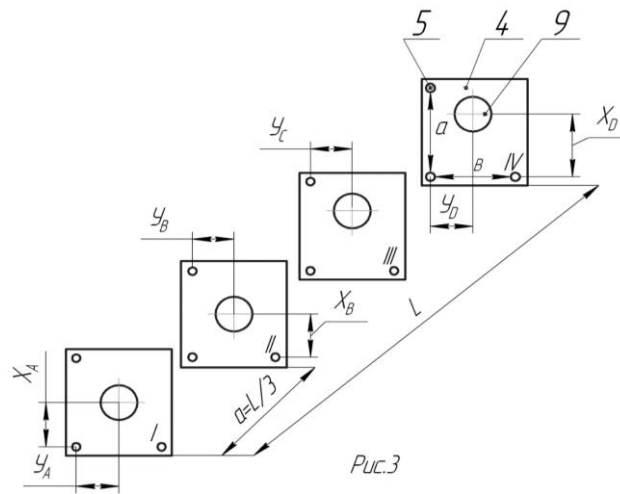


Рис. 2.9

Перед випробуванням технічних засобів або способу направлено буріння проводиться збірка опалубки 1, в якій встановлюються на відстані пластини. А з легкорозбурюваного матеріалу (пластик, фанера, або ін.) з отворами 5 кожна. Оскільки отвори 5 виконані на кожній пластині 4 точно, як і на інших (у тих же місцях), а розміри пластин однакові, добиваються при їх установці поєднання отворів 5 всіх пластин 4. Після цього пластини кріпляться до стінок і дна опалубки 1, а остання заповнюється шtuфами породи 2 і заливається цементом 3. Після тверднення цементу 3 відкривають отвір 7 і встановлюють направляючу трубу 8, в яку поміщають відхилювач 9, сполучений з валом агрегату 6. Буріння здійснюють відхилювач 9 на задану довжину, на якій перетинаються цемент 3, шtuфи 2 і пластини 4. Після закінчення досвідченого буріння опалубка 1 розбирається, і звільняються пластини 4, в яких зафіксовані поперечні перетини стовбура викривленої свердловини 10 у вигляді отворів. Вимірюючи відстані X_A , X , X_D і так далі, а також відстані Y_D , Y_B і так далі, визначають кривизну стовбура свердловини (рис. 2.9). Точність вимірювань

кривизни в даному випадку залежить від помилки при вимірюванні X і Y . Відстань між пластинами визначається виходячи з необхідної точності відтворення траєкторії ділянки викривлення.

					ДІТ. 63 0000. 301. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

3 ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ПІЛОТНИХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ПРОКОЛЮЮЧИХ МАШИН

3.1 Аналіз існуючих теорій керованого проколу ґрунту

Для повного розуміння процесів проколу ґрунту необхідно мати уявлення про базові положення про механіку ґрунтів і теорій його різання [40, 41].

Існує часткова аналогія між процесами різання ґрунту і динамічним впровадженням конусного робочого органу, яка підтверджується утворенням тіл ковзання [13, 45]. При впровадженні в ґрунт перед робочим органом утворюється стабільне ущільнене ядро (тіло підвищеної міцності і щільності). Ущільнене ядро утворюється як на поверхні конуса, зверненої до відкритої сторони забою, так і на протилежній поверхні.

Вивченню процесу утворення ущільненого ядра під різними штампами присвячена робота [46]. Характер розподілу епюр тиску на підшві круглого штампа не залежить ні від глибини занурення штампа, ні від швидкості його переміщення (від 0,1 до 4,5 м/с) і відрізняється за формою розподілу: параболічна (незв'язні ґрунти) і сідлоподібною (зв'язні ґрунти). Ущільнене ядро утворюється не тільки під подошвою штампа, а й на бічних його поверхнях. Відомо [45, 47], що статична характеристика матеріалів при впровадженні в них кутових штампів практично не відрізняється від динамічної при швидкостях до 30 м/с.

Головним недоліком існуючого обладнання, що реалізує метод статичного проколу – складність управління траєкторією руху робочого органу, особливо в ґрунтах з кам'янистими включеннями і ґрунтах з різною щільністю. Наочним прикладом є результати лабораторних досліджень відхилень проколюючих робочих органів при зустрічі їх з деяким міцним середовищем, перешкодою, яка могла розташовуватися під різними кутами [48].

					ДІП. 63 0000. 301. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

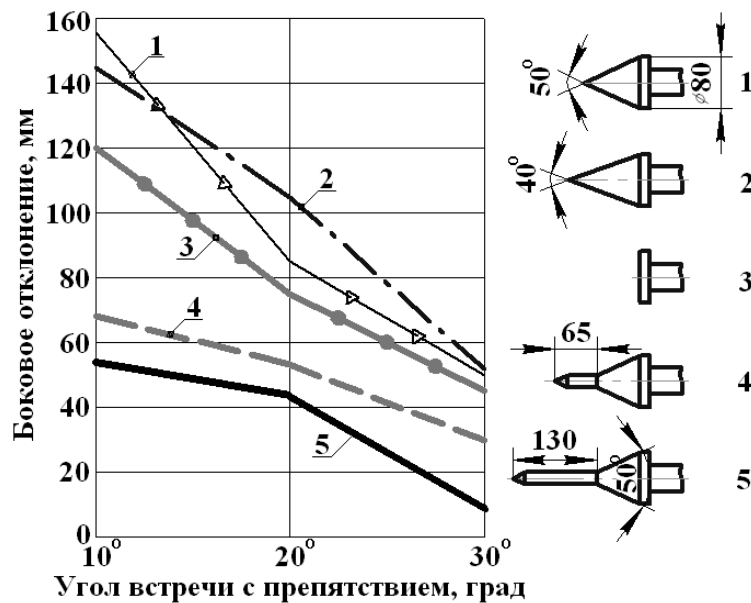


Рис. 3.1. Графіки залежностей величини бічних відхилень ґрунтопроколюючого РО з головками різної форми від кутів зустрічі їх з шаром більш щільного ґрунту.

Результати експериментальних досліджень (рис. 3.2), дозволяють змогу сказати висновок, що при зустрічі з перешкодою робочі проколюючі органи всіх п'яти типів конструкцій головок мають бічні відхилення від заданої траєкторії. Закономірно, що ґрунтопроколюючі робочі органи комбінованого типу (конус – виступаюча голка) мають мінімальні відхилення від траєкторії руху, так як голка, що виступає створює центруючий ефект на весь РО.

У дослідженні [48] наочно показано, що через відхилення від заданої траєкторії, можливий навіть вихід робочого органу на поверхню, а не тільки відхилення по горизонталі. Дослідженню процесу корекції і управління траєкторії при проколі ґрунту присвячений цілий ряд досліджень авторів: Л.В. Лукиєнко, К.А. Головін, М.Н. Каменський, В.В. Ленченко, Меньшенина Е.А., Меньшенин С.Е., Н.І. Прохоров та інші.

Напрямок площини скося наконечника робочого органу визначає примусову зміну траєкторії його руху. В роботах [49] дано перші мат-моделі процесів проколу ґрунту РО зі скошеною площиною головки, а також основи керування траєкторією руху.

Зазначений метод зміни траєкторії руху робочого органу успішно реалізований в установках ГНБ. У міру переміщення РО контролюється положення його головки в просторі за допомогою вбудованого в неї датчика та спеціальних навігаційних приладів.

У разі відхилення робочого органу від заданої траєкторії проводиться його корекція при поступальному вдавлюванні головки зі скошеною площиною в масив ґрунту. Таким чином, заданий напрямок проколу ґрунту досягається за рахунок спеціальної конструкції наконечника і чергуванні поступального і обертального його руху.

Недоліком відомих наконечників для проходки свердловин способом статичного проколу є неможливість забезпечити плавного радіуса згину траєкторії ТПГ в процесі керування її проходкою шляхом переорієнтації носової частини РО щодо осі свердловини, за рахунок великої площі поверхні контакту, який утворюється між наконечником і ґрунтом. Проведені дослідження В.В. Ленченко та , Меньшенина Е.А., Меньшенин С.Е. [50, 51], показали, що керованість головного снаряда залежить від співвідношення сил опору ґрунту ущільненню, що діють на протилежні поверхні тертя впроваджуваного конуса. Сили опору, в свою чергу, прямо пропорційні ексцентриситету величини відхилення осі наконечника від осі головного снаряда ґрунтопроколюючого пристрою.

Схеми взаємодії наконечника з ґрунтом показані на рис. 3.2. При розташуванні наконечника співвісно з віссю свердловини нижня поверхня контакту з ґрунтом FB і верхня FD однакові (рис. 3.2, положення 1), але при переорієнтації наконечника в свердловині (відхилення його осі від осі свердловини) (рис. 3.2, положення 2) і подальше просування (розробці свердловини) відбувається деяке збільшення її діаметра. Верхня поверхня контакту наконечника з ґрунтом EF стає більше, ніж нижня поверхня контакту KF (рис. 3.2, положення 3), сили опору ґрунту по верхній і нижній частині наконечника будуть

різні, і навіть при незначному відхиленні осі наконечника від осі проходки відбувається викривлення свердловини при менших вершинах необхідних осьовім зусиллі.

Проведені розрахунки по визначенню обсягів витісненого і ущільненого ґрунту при впровадженні наконечників з різним ексцентриситетом, а також експериментальні виміри необхідного для цього осьового зусилля підтверджують правильність обраного технічного рішення.

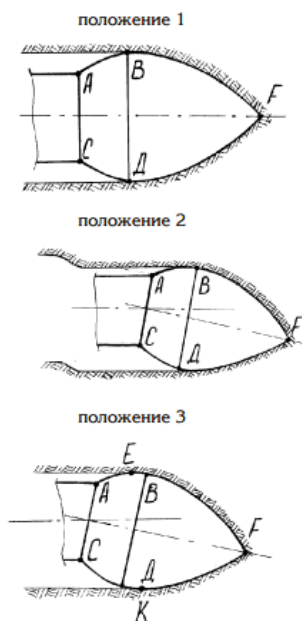


Рис. 3.2. Схеми взаємодії наконечника з ґрунтом при проходці свердловин

Схема впровадження наконечників в ґрунт представлена на рис. 3.3. Проведені розрахунки показали, що для пропонованого наконечника відношення обсягів ущільненого і витісненого ґрунту протилежними сторонами конуса в площині дії ексцентриситету буде значно вище, ніж у аналогічних наконечників, що мають форму прямого круглого конуса при тих же значеннях ексцентриситету.

Отже, ставлення сил опору ґрунту зануренню на бічних протилежних поверхнях пропонованого наконечника вище, в порівнянні з вживаними раніше конусами.

Таким чином, при незначному відхиленні осі наконечника від осі проходки буде відбуватися цілеспрямована зміна положення осі свердловини, що покращує керованість головного снаряда.

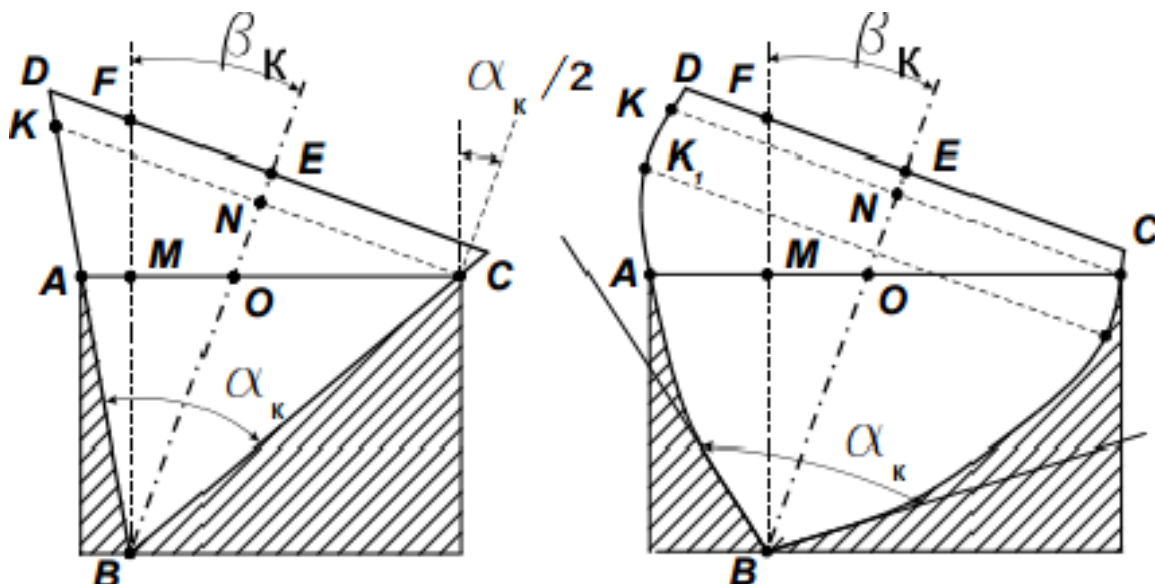


Рис. 3.3. Схема впровадження наконечників в ґрунт

Проведені дослідження показали, що дія сил опору ґрунту зануренню залежить від довжини бічної поверхні впроваджуваного наконечника (поверхні контакту ядра ущільнення з наконечником). При впровадженні наконечника з деяким ексцентриситетом протилежні контакту в площині відхилення наконечника різні за довжиною, яка визначається залежністю (рис. 3.3):

$$L_i = \frac{2R_{\text{кон}_i} (\cos^{\alpha_k/2} \pm \frac{\alpha_k}{2} \text{tg} \beta_k)}{\sin \alpha_k (\frac{2}{1 + \cos 2\beta_k} + \text{tg} \beta_k (\text{tg}^{\alpha_k/2} - \text{tg} \beta_k))}, \quad (3.1)$$

де $R_{\text{кон}_i}$ – радіус конуса, впроваджуваного в ґрунт, в площині, перпендикулярній його осі обертання при кроці продвижки i ;

L_i – довжина поверхні контакту при цьому ж кроці продвижці i ;

β_k – кут відхилення осі обертання конуса щодо перпендикуляра до площини ґрунту;

α_k – кут при вершині впроваджуваного конуса.

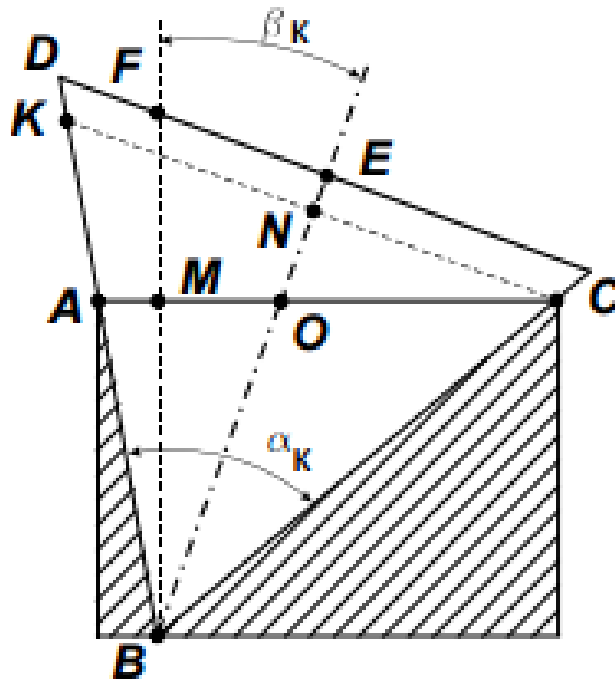


Рис. 3.4. Розрахункова схема для визначення обсягу витісненого і ущільненого ґрунту при впровадженні конуса з деяким ексцентриситетом.

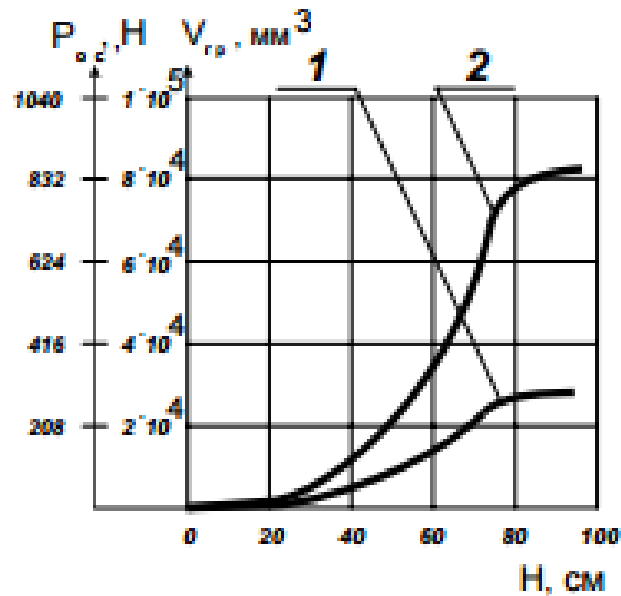


Рис. 3.5. Графік залежності осьового зусилля P_{oc} і обсягу витісненого і ущільненого ґрунту V_{cp} при впровадженні конуса з деяким ексцентриситетом від глибини впровадження H : 1 – графік залежності, діючий на поверхні BD впроваджуваного конуса; 2 – графік залежності, діючий на поверхні BC впроваджуваного конуса

Таким чином, навіть при невеликому значенні ексцентриситету створюються умови для викривлення свердловини, ступінь якого залежить від співвідношення довжин поверхонь контакту протилежних сторін впроваджуваного наконечника в площині прояви ексцентриситету.

Ставлення осевого зусилля P_{oc} необхідного для впровадження конуса в ґрунт, до обсягу витісненого при цьому ґрунту V_{zp} є лінійну залежність для кожного типорозміру наконечників і змінюється в залежності від кута α при вершині конуса і площі основи конуса $S_{кон}$.

Залежність осевого зусилля від геометричних параметрів впроваджуваних наконечників і фізико-механічних властивостей прохідних ґрунтів була запропонована авторами В. В. Ленченко, Е. А. Меньшініна [50]

$$P_{oc} = S_{осн} \cdot H \left(\frac{4}{3} \rho \cdot g \cdot 10^6 + 2 \frac{\delta_{уш} \cdot f}{D \cdot \cos \frac{\alpha}{2}} \right), \quad (3.2)$$

де $S_{осн}$ – площа перерізу свердловини;

H – висота наконечника;

$\rho_{гр}$ – щільність ґрунту;

g – прискорення вільного падіння;

$\delta_{упл}$ – коефіцієнт опору ґрунту ущільненню;

f – коефіцієнт тертя сталі о ґрунт ;

D – діаметр свердловини;

α – кут загострення конуса.

Таким чином, осеве зусилля впровадження конуса в ґрунт пропорційно сумі ваги витісненого ґрунту і опору середовища впровадження за рахунок ущільнення з урахуванням втрат на тертя.

Авторами Л. В. Лукієнко, К. А. Головіним, М. Н. Камєнским, А. А. Рогачєвым [51] показана доцільність врахування при проектуванні систем по-

дачі виконавчого органу установок керованого проколу величини його необхідного зусилля, що визначається з урахуванням геологічних характеристик траси проколу, довжини ставу зі штанг і зусилля втискання головної секції в проколюють масив.

З урахуванням напружено-деформованого стану виконавчого органу та закономірностей його взаємодії з масивом при керованому проколі авторами було запропоновано необхідне загальне зусилля проколу $P_{пр}$, яке може бути визначено підсумовуванням зусилля вдавнення виконавчого органу $P_{ущ}$, що витрачається на подолання опору ущільненню ґрунту, зусиль $P_{тр1}$ і $P_{тр2}$, що виникають від тертя ставу про ґрунт під впливом гірського тиску і власної маси, зусилля $P_{сц}$ від зчеплення ставу з ґрунтовим масивом і реактивних нормальної P_N і дотичній P_τ сил на робочому майданчику головної секції (рис. 3.6).

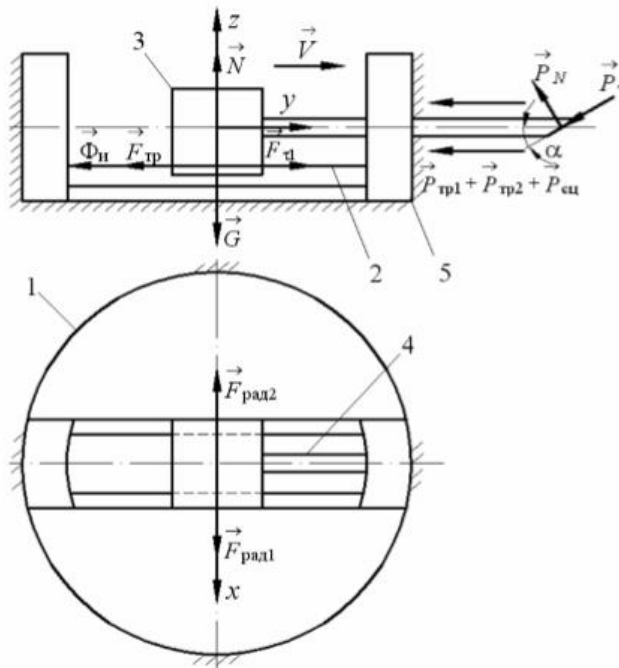


Рис. 3.6. Розрахункова схема для визначення зусилля проколу:

- 1 – стартовий котлован; 2 – тяговий орган; 3 – привід машини; 4 – виконавчий орган; 5 – розпірні щити

Тоді вираз для визначення необхідного зусилля проколу відповідно до перерахованих сили опору можна представити в такий спосіб [50, 51]:

									Арк.
									53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДІТ. 63 0000. 301. МРПЗ				

$$P_{\text{пр}} = \delta_{\text{ущ}} \frac{\pi \cdot d^2}{4n_0} + l_{\text{ст}} \cdot f \left(\frac{\pi \cdot d}{2} \frac{\gamma \cdot H}{1-\nu} + \gamma_{\text{ст}} \frac{\pi}{4} (d^2 - d_{\text{вн}}^2) \right) + C_{\text{ст}} \cdot \pi \cdot d \cdot l_{\text{ст}} + (3.3)$$

$$+ P_N \cdot \sin \alpha + P_{\tau} \cdot \cos \alpha,$$

де $\delta_{\text{ущ}}$ – коефіцієнт опору ґрунту ущільнення;

$d_{\text{вн}}$ – зовнішній і внутрішній діаметри виконавчого органу;

n_0 – коефіцієнт пористості ґрунтового масиву;

$l_{\text{ст}}$ – довжина става;

f – коефіцієнт тертя става по ґрунту;

γ – середній об'ємна вага покриває вироблення ґрунтового масиву;

H – глибина закладення вироблення;

ν – коефіцієнт Пуассона вміщає ґрунту;

$\gamma_{\text{ст}}$ – об'ємна вага матеріалу става;

$C_{\text{ст}}$ – коефіцієнт зчеплення става з ґрунтом.

Виходячи з функціональних характеристик, які наповнюють його компоненти, рівняння може бути умовно поділено на три складові частини, що мають переважаюче значення при вирішенні поставлених завдань і характеризуються наступними показниками: $P_{\text{ущ}}$, P_l і $P_{N\tau}$. Перший відображає зусилля вдавнення головної секції виконавчого органу в масив, другий - вплив довжини става і гірничогеологічних характеристик, а третій - відхилення від прямолінійної траєкторії закладеної вироблення. Неважко помітити, що вплив першого компонента є базовим і в подальшому незмінним для завдання початкового зусилля проколу. Аналізуючи графіки, представлені на рис. 3.6 і 3.7, можна відзначити, що величина необхідного зусилля прямо пропорційна довжині проколу. Зіставлення величин необхідного і можливого (400 кН) зусилля проколу дозволяє зробити висновок про перспективність застосування зубчато-рейкової системи подачі виконавчого органу, яка добре зарекомендувала себе при роботі в складних умовах (переміщення очисних комбайнів в шахтах, підйомних установок, робота механізму напорі екскаваторах), і визначити допустиму величину довжини проколу.

					ДІТ. 63 0000. 301. МРПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

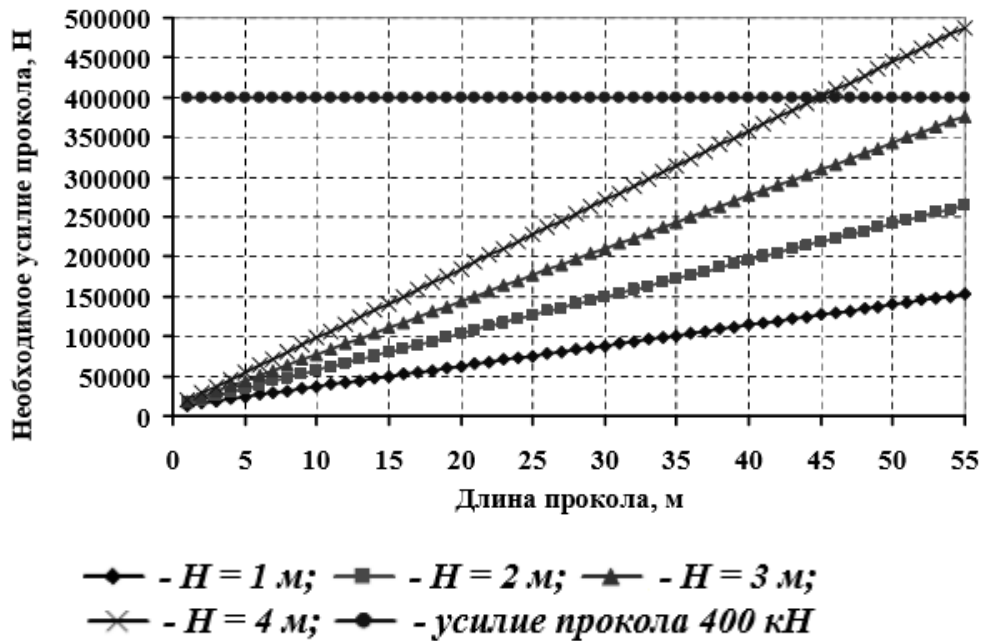


Рис. 3.7. Залежність необхідного зусилля від довжини проколу при різних глибинах траси (розміри проколюючого става $d=60$ мм; $d_{вн}=40$ мм).

Математична модель корекції траєкторії руху зрізаного циліндричного наконечника. Процес проколу ґрунту проколюючими пристроями є дискретно безперервним. Це зумовлено необхідністю призупинки процесу проколу у зв'язку з нарощуванням додаткових штанг для подальшого переміщення головки наконечника. На кожному із безперервних ділянок шляху за рахунок осевого зусилля проходить переміщення головки наконечника у двох взаємно перпендикулярних напрямках. Один у напрямку осі проколу, а другий у перпендикулярному до осі напрямку за рахунок асиметричного зусилля на головці зрізаного циліндричного наконечника.

У роботі [16, 52, 53] установлені силові залежності опору проколюванню ґрунту від його фізико-механічних властивостей і геометрії головки наконечника РО. Ці сили визначені як у напрямку проколу, так і в перпендикулярному до осі напрямку. Застосуємо для робочого процесу другий закон Ньютона. Крім того, приймемо до уваги, що активна сила переміщення наконечника та сила опору цьому переміщенню знаходяться в пропорційному співвідношенні

через коефіцієнт пропорційності. Тоді на кожній ділянці переміщення можна записати другий закон Ньютона у вигляді диференціального рівняння [16]

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = P - P_c, \quad (3.4)$$

де m – маса наконечника разом зі штангою;

x – поточне значення координати руху в перпендикулярному до осі проколу напрямку;

t – час переміщення проколюючої головки (наконечника);

P – активне зусилля переміщення наконечника в перпендикулярному до осі напрямку;

P_c – опір переміщенню наконечника в тому ж напрямку.

Переміщення буде можливим, якщо $P - P_c > 0$. З урахуванням цієї умови рівняння (3.4) перепишеться у вигляді

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = P(1 - \lambda), \quad (3.5)$$

де λ – коефіцієнт пропорційності.

У результаті інтегрування рівняння (3.5) при початкових умовах $x|_{t=0} = 0$ і $\frac{dx}{dt}|_{t=0} = 0$ отримаємо

$$x = \frac{P(1 - \lambda)}{2m} t^2. \quad (3.6)$$

При переміщенні головки насадки в перпендикулярному напрямку на величину S за час t_l з урахуванням співвідношення між величинами горизонтального L і вертикального переміщення S відповідно до конкретних залежностей, що приведені в табл. 3.1, можна записати

$$S = \frac{1 - f \operatorname{tg} \beta}{N} L, \quad (3.7)$$

де f – коефіцієнт зовнішнього тертя ґрунту;

					ДІТ. 63 0000. 301. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

β – кут нахилу зрізаної площини циліндра до горизонту (див. рис. 3.8);

N – числові коефіцієнти, що залежать від фізико-механічних властивостей ґрунту та геометричних параметрів насадки (див. табл. 3.4 для супіску $N=21,3$; для суглинку $N=33,16$; для глини $N = 46,88$). Прирівнюючи (3.6) і (3.7), визначимо коефіцієнт пропорційності

$$\lambda = 1 - \frac{2mL(1 - f \cdot \operatorname{tg}\beta)}{PNt_1^2}. \quad (3.8)$$

Після підстановки (3.8) в (3.5) отримаємо:

$$\frac{d^2x}{dt^2} = \frac{2L(1 - f \cdot \operatorname{tg}\beta)}{Nt_1^2}. \quad (3.9)$$

Звідки

$$x = \frac{(1 - f \cdot \operatorname{tg}\beta)}{Nt_1^2} L \cdot t^2, \quad (3.10)$$

де t_1 – час переміщення однієї штанги проколюючого пристрою.

Формула (3.10) дозволяє вирахувати величину відхилення траєкторії проколу як функції часу. Для проколюючої установки зі штангами довжиною 0,5 м та швидкістю переміщення 0,033 м/с отримані наступні відхилення на довжині 0,5 м, що приведені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1

Максимальне відхилення головки штанги на довжині 0,5 м

Тип ґрунту	Відхилення головки, (см) при кутах нахилу площадки зрізу (град)		
	25°	40°	55°
Твердий супісок	1,62	1,10	0,18
Напівтвердий суглинок	1,16	0,87	0,41
Тугопластична глина	0,85	0,72	0,47
Пісок	2,62	1,30	0,16

На рис. 3.8. приведені результати розрахунків відхилення x від осі проколу в залежності від кута нахилу площини зрізу циліндричного наконечника до горизонту для різних типів ґрунтів. Враховуючи, що максимальні відхилення (при куті зрізу 25°) мають незначні величини, які в залежності від типу ґрунту знаходяться в межах 20–40 см на ділянці 10 м, для корекції процесу в цих умовах знадобиться ділянка понад 15–20 м. Таким чином, можна припустити, що на ділянці проколу довжиною до 100 м таких ділянок корекції може виникнути до 3–4.

У процесі проколу в результаті відхилення головки наконечника від проектної осі проходить зміна орієнтації лобової зрізаної площини наконечника відносно осі проколу. Із рис. 3.8 видно, що в процесі відхилення головки наконечника від проектної траєкторії проколу змінюється осьова та нормальна складові опору проколу, а тому змінюється відхиляюче зусилля.

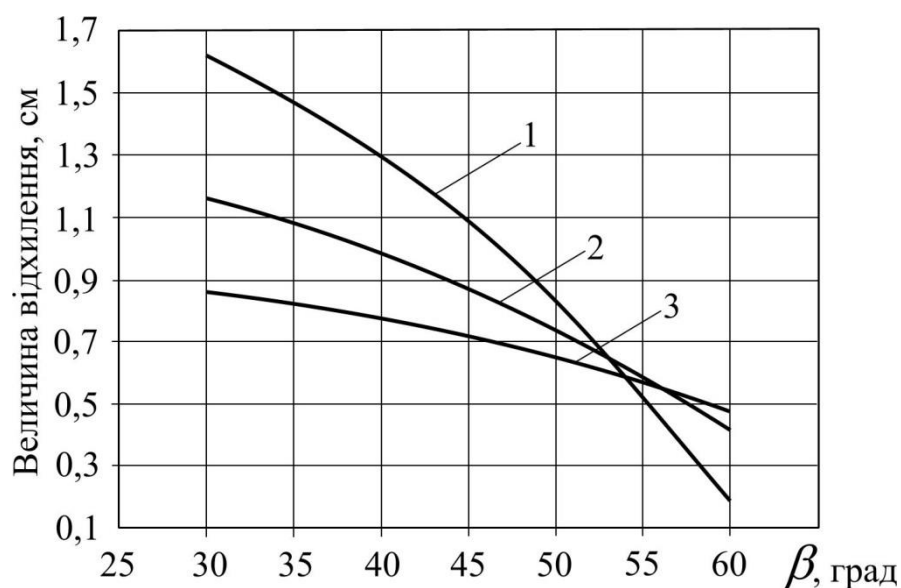


Рис. 3.8. Залежність відхилення головки на довжині кроку переміщення штанг від кута нахилу площадки зрізу: 1 – твердий супісок; 2 – напівтвердий суглинок; 3 – тугопластична глина

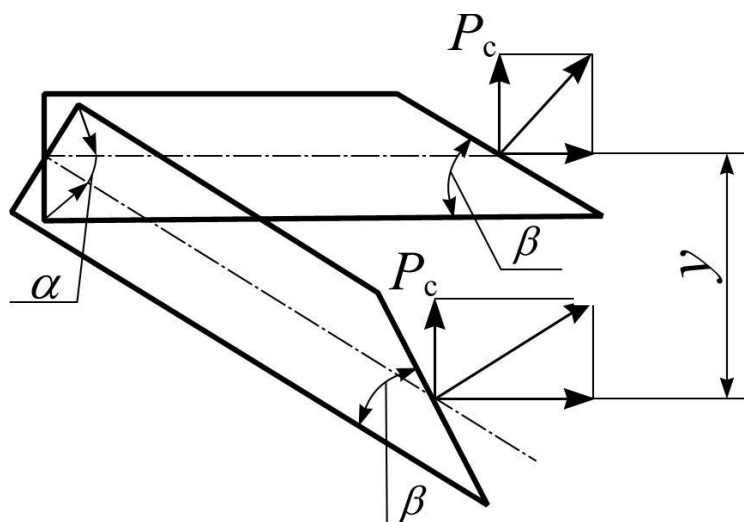


Рис. 3.9. Схема для розрахунку впливу відхилення головки наконечника від проектної осі

У розглянутій вище математичній моделі (3.10) цей фактор не урахований із умови припущення його несуттєвості. Для визначення впливу цього фактора математична модель (3.10) потребує уточнення через кут відхилення штанги α відносно проектної осі (див. рис. 3.9).

Уточнена математична модель має наступний вигляд:

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = P(1 - \lambda) \cos \alpha. \quad (3.11)$$

В нашому випадку

$$\sin \alpha = \frac{x}{L}, \quad \text{а} \quad \cos \alpha = \sqrt{1 - \left(\frac{x}{L}\right)^2}. \quad (3.12)$$

Тоді рівняння (3.11) перепишеться у вигляді

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = P(1 - \lambda) \sqrt{1 - \left(\frac{x}{L}\right)^2}. \quad (3.13)$$

Рівняння (3.13) є нелінійним диференціальним рівнянням, його наближене рішення показало дуже незначну зміну результатів розрахунку порівняно з моделлю (3.10). Похибка склала не більше 1,5 % у сторону

зменшення. Це підтверджує достовірність використання лінійної математичної моделі (3.10).

Математична модель (3.10) дозволяє спрогнозувати процес проколу ґрунту в часі залежно від різних ґрунтових умов. Таким чином, отримати відповідь на питання, яким буде відхилення від заданої проектної траєкторії руху головки наконечника, що має кут β зрізу лобової площини до горизонту при послідовному нарощуванні штанг. Для цього необхідно послідовно розглядати рішення таких задач. На першому етапі для однієї штанги

$$x_1 = \frac{(1 - f \cdot \operatorname{tg}\beta)}{N} L_1, \quad (2.141)$$

де L_1 – довжина першої штанги.

Після цього для визначення відхилення при двох штангах розглянемо рівняння

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = \frac{2L_{1+2}(1 - f \cdot \operatorname{tg}\beta_2)}{Nt_2^2} \quad (3.15)$$

при початкових умовах:

$$x|_{t=0} = 0 \quad \text{і} \quad \frac{dx}{dt}|_{t=0} = 0 \quad (3.16)$$

де L_{1+2} – довжина першої та другої штанги;

t_2 – час проходження другої штанги.

Рішення задачі (3.15) при умові (3.16) дає наступний результат

$$x_2 = \frac{L_{1+2}(1 - f \cdot \operatorname{tg}\beta_2)}{N}. \quad (3.17)$$

Сумарне відхилення на i -й ділянці проходження штанг буде визначатися виразом

$$x_i = \frac{(1 - f \cdot \operatorname{tg}\beta_i)}{N} L_{i+i}, \quad (3.18)$$

					ДІП. 63 0000. 301. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

де $\beta_1, \beta_2, \beta_i$ – кути нахилу лобової площини наконечника до горизонту на кожній ділянці.

Розрахунки за формулою (3.18) дозволяють здійснювати регулювання відхилення головки наконечника в будь-якому радіальному відносно проектної осі проколу напрямку з метою його зменшення або збільшення. Це досягається як за рахунок зміни кута β_i , так і за рахунок обертання головки асиметричного наконечника навколо своєї осі. Таким чином зміна орієнтації в просторі зрізаної лобової поверхні циліндричного наконечника дозволяє переміщати його вздовж проектної траси на довжині до 100 м.

3.2 Аналіз впливу форми та розмірів пілотних РО на ґрунт

Дослідження вилу форми та частоти вертання бурової на зусилля проколювання горизонтально направленої пілотної свердловини. Реалізація процесу проколу ґрунту з керуванням руху головки з асиметричним наконечником відображено на рис. 3.8 [16].

Результати експериментальних досліджень по виявленню впливу параметрів ґрунтопроколюючої головки зі скошеним наконечником на осьовий опір ґрунту та їх порівняння з теоретичними розрахунками для двох найбільш поширених типів ґрунту (в тугопластичній глині і напівтвердому суглинку) наведено в графічному вигляді на рис. 3.10 і рис. 3.11 та таблиця 3.2.



Рис. 3.10. Процес проколу ґрунту експериментальною установкою з можливістю керування траєкторією руху головки в підземному просторі

					ДПТ. 63 0000. 301. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

Наведені дані в таблиці 3.2 підтверджують теоретичні положення щодо зменшення осьового опору ґрунту в 1,8–1,9 рази від зростанням кута скосу наконечника з 25° до 55°.

Дані отримані для твердого супіску були отримані під час проведення досліджень при написанні монографії [16], а дані для піску отримані при написанні магістерської роботи. При порівнянні отриманих даних, як для схожих ґрунтів, можна зробити висновок, що сили проколювання та відхилення РО в піску набагато вищі ніж у супіску, майже в 4 рази в порівнянні. Це пов'язано з фізико-механічними характеристиками ґрунтів та їх вологістю: твердий супісок має природню вологість близьку до максимального значення, а пісок навпаки має мінімальну вологість

Таблиця 3.2

Результати експериментального визначенню величини осьового опору проколу ґрунту головкою з асиметричним наконечником

Джерело даних	Значення осьового опору проколу, P_y , кН								
	При кутах скосу наконечника								
	При $\beta = 55^\circ$			При $\beta = 40^\circ$			При $\beta = 25^\circ$		
	для діаметра наконечника, м			для діаметра наконечника, м			для діаметра наконечника, м		
	0,064	0,089	0,114	0,064	0,089	0,114	0,064	0,089	0,114
Ґрунт	В твердому супіску								
Експерим. дані	6,6	12,9	21,5	4,2	8,6	13,8	3,3	5	10,7
Теоретичні розрахунки	$\pm 0,28$	$\pm 0,7$	$\pm 0,9$	$\pm 0,32$	54	$\pm 1,1$	$\pm 0,24$	$\pm 0,45$	$\pm 0,8$
Відхил., %	6,1	11,9	19,5	4	7,9	13	3	4,7	9,5
Відхил., %	8,20	8,40	10,26	5,00	8,86	6,15	10,00	6,38	12,63
Ґрунт	В піску								
Експерим. дані	28,6	34,9	44,5	26,2	30,6	36,8	26,3	27	34,7
Теоретичні розрахунки	$\pm 0,28$	$\pm 0,7$	$\pm 0,9$	$\pm 0,32$	$\pm 0,54$	$\pm 1,1$	$\pm 0,24$	$\pm 0,45$	$\pm 0,81$
Відхил., %	26,1	31,9	39,5	24	27,9	33	23	24,7	31,5
Відхил., %	9,58	9,40	12,66	9,17	9,68	11,52	14,35	9,31	10,16

Також з рис. 3.11 та рис 3.12 та з табл. 3.3 видно, що збільшення діаметру проколюючої головки з 0,065 м до 0,114 м призводить до збільшення осьового опору ґрунту в 2,5–3,2 рази.

Порівняння експериментальних даних сили осьового опору з теоретичними показав достатню збіжність показників, яка знаходиться в межах 5,0–13 %.

Наведені дані на рис. 3.9 та рис. 3.10 наглядно показують, що представлені залежності дозволяють уточнити зусилля проколу ґрунту асиметричним наконечником для різних ґрунтових умов, що важливо при проектуванні конкретних робочих органів і визначенню силового приводу їх установок.

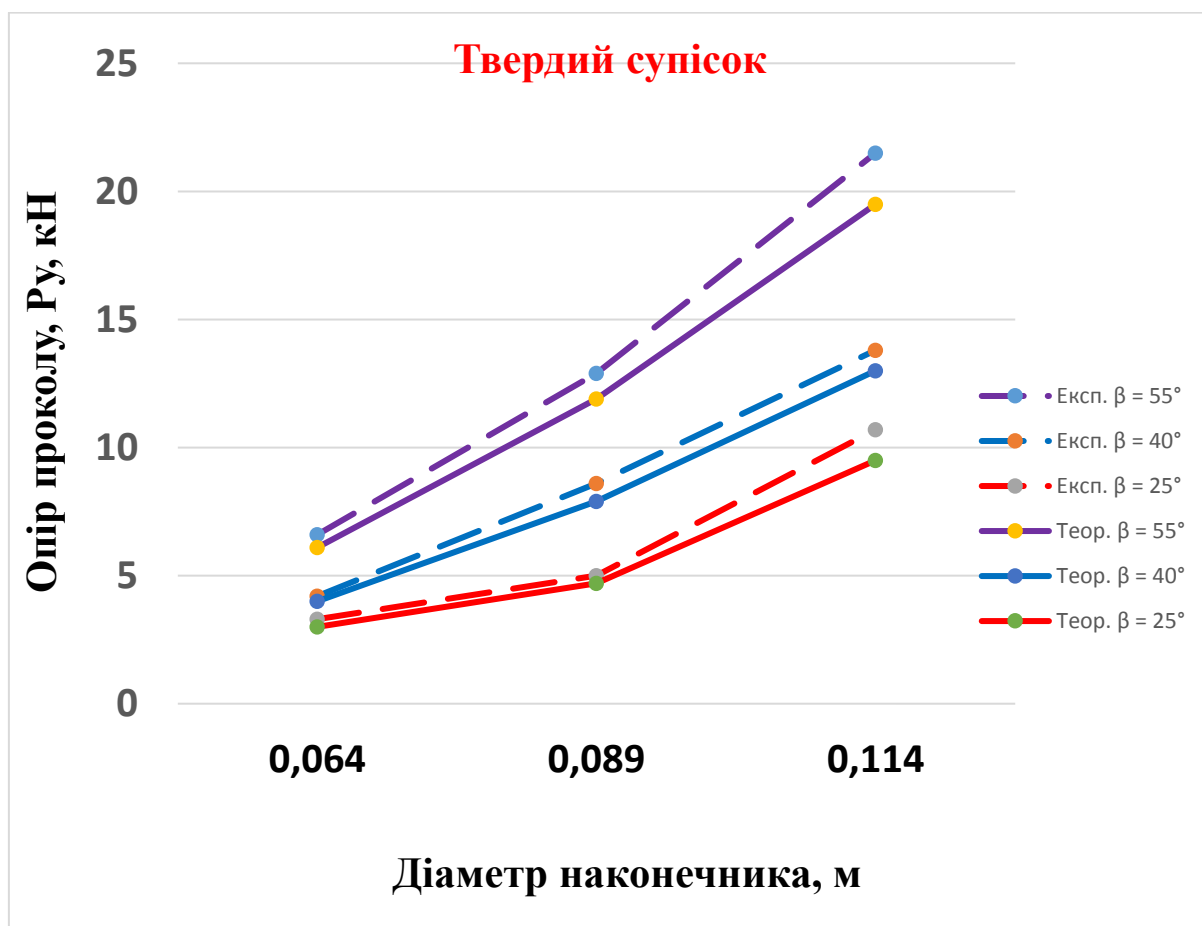


Рис. 3.11. Опір проколу ґрунту асиметричним наконечником в залежності від кута похилу площини зрізу циліндра при куті 25°, при куті 40°, при куті 55°: а) – в супіску; б) – в піску.

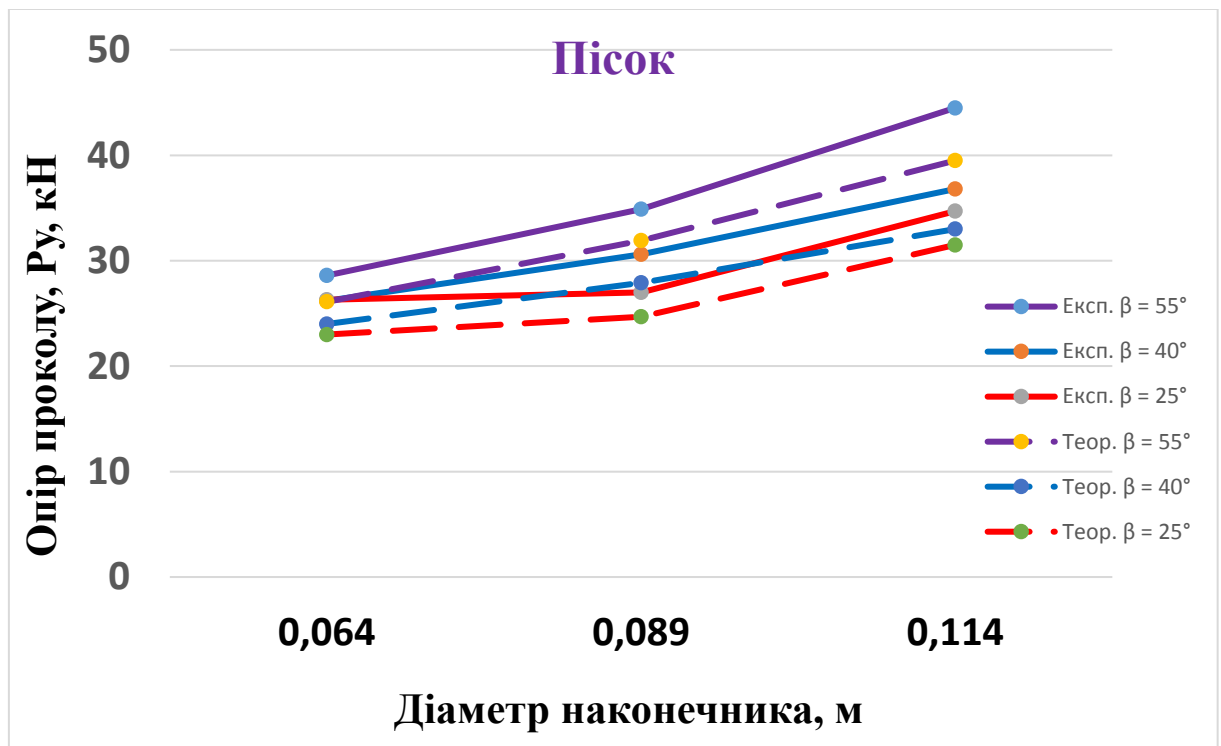


Рис. 3.12. Опір проколу ґрунту асиметричним наконечником в залежності від кута нахилу площини зрізу циліндра: при куті 25° , при куті 40° ; при куті 55° – в піску.

Результати експериментальних даних по заміру величини відхилення траєкторії руху проколюючої головки зі скошеним наконечником від проектної осі траси на дистанції 10 м та їх порівняння з теоретичними розрахунками наведено в таблиці 3.3. Аналіз наведених даних експериментальних досліджень підтверджують результати теоретичних розрахунків по визначенню величини відхилення головки в ґрунті від довжини ділянки проколу.

Наведені дані в таблиці 3.3 наглядно показують, що зі збільшенням кута загострення РО зменшується відхилення від траєкторії переміщення РО, що в свою чергу гарантує стабільність та прямолінійність траєкторії ТПГ (рис. 3.12, 3.13), але з іншої сторони в піщаних та перезвожених (слабких) ґрунтах РО повністю втрачає керованість, і навпаки з малим кутом загострення (близько $\beta=15-25^\circ$) в таких умовах маємо відмінну керованість та

малу силу проколювання РО. Також великий кут загострення лопатки РО збільшує лобовий опір переміщення.

Підвищену швидкість бокового зміщення РО, при малому куті загострення компенсуємо обертанням наконечника разом зі штангами.

Таблиці 3.3.

Результати заміру величини відхилення траєкторії руху головки з асиметричним наконечником та їх порівняння з теоретичними даними

Джерело даних	Величина відхилення від осі траси S, см								
	Кут скосу $\beta = 25^\circ$			Кут скосу $\beta = 40^\circ$			Кут скосу $\beta = 55^\circ$		
	Довжина прольоту, м			Довжина прольоту, м			Довжина прольоту, м		
	4	7	10	4	7	10	4	7	10
Ґрунт	В твердому супіску								
Експерим. дані	15,90	28,50	41,00	11,50	19,60	28,50	5,10	8,70	12,00
	$\pm 2,4$	$\pm 4,5$	$\pm 5,0$	$\pm 1,5$	$\pm 2,5$	$\pm 4,0$	$\pm 0,5$	$\pm 2,07$	$\pm 1,1$
Теоретичні розрахунки	14,00	24,90	35,60	10,40	18,00	26,00	4,50	7,70	11,00
Відхил., %	13,57	14,46	15,17	10,58	8,89	9,62	13,33	12,99	9,09
Ґрунт	В піску								
Експерим. дані	21,80	30,30	39,10	20,60	27,20	33,30	16,10	21,20	25,00
	$\pm 2,0$	$\pm 2,5$	$\pm 4,1$	$\pm 1,5$	$\pm 2,0$	$\pm 3,1$	$\pm 0,55$	$\pm 1,5$	$\pm 2,0$
Теоретичні розрахунки	19,70	26,00	34,30	17,80	23,50	29,30	14,70	18,30	22,00
Відхил., %	10,66	16,54	13,99	15,73	15,74	13,65	9,52	15,85	13,64

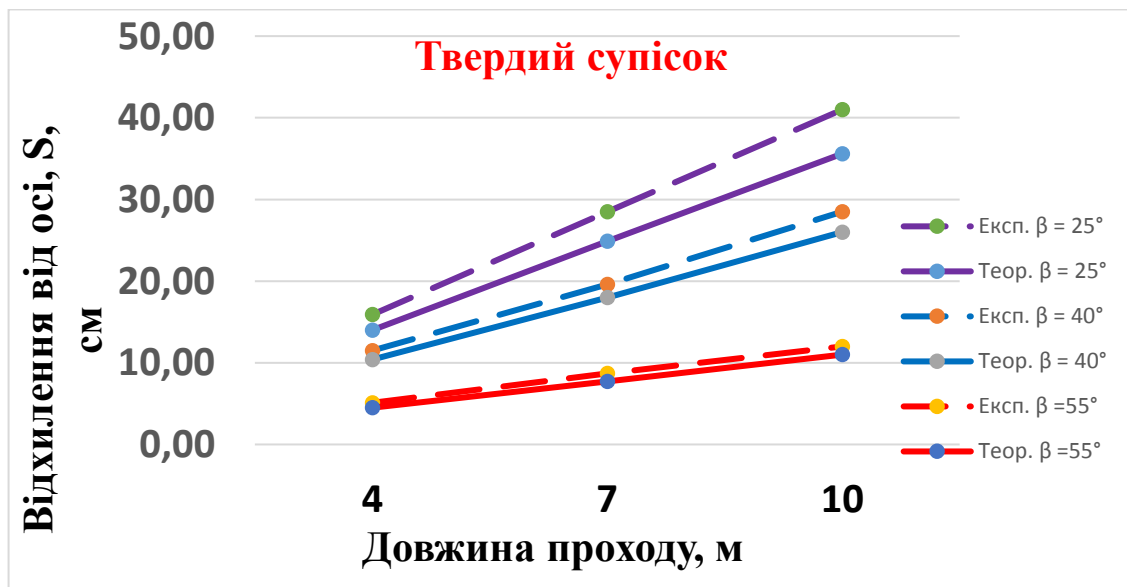


Рис. 3.13. Залежність відхилення РО від осі в залежності від кута загострення площини зрізу у супіску: при куті 25° ; при куті 40° ; при куті 55°

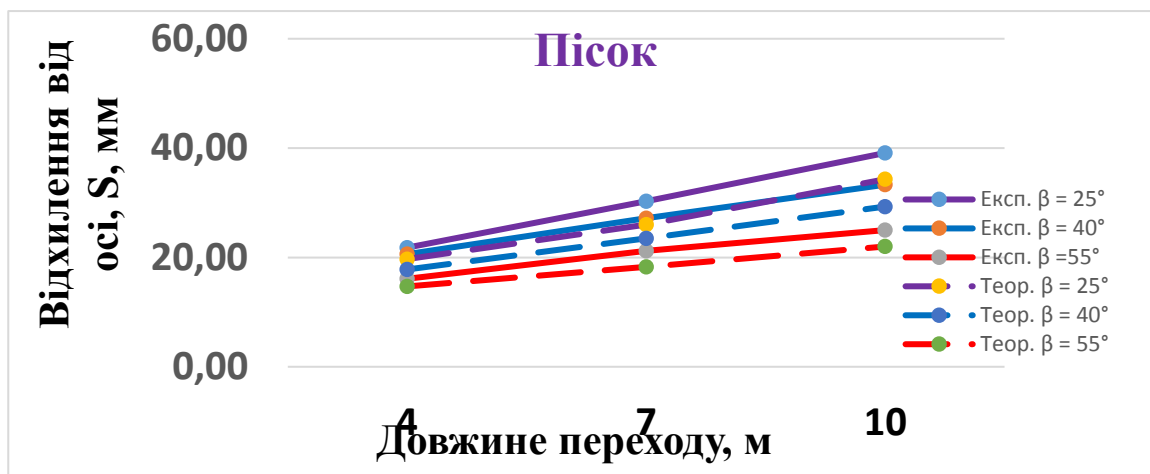


Рис. 3.14. Залежність відхилення РО від осі в залежності від кута загострення площини зрізу у піску: при куті 25°; при куті 40°; при куті 55°

Найбільше відхилення виникає при куті 25°, а найменше при куті 55° і складає майже в три рази менше у важкій глині, в 1,4 рази в суглинку та глині. Також слід підтвердити, що максимальне відхилення головки від траєкторії збільшується у важкій глині. Гірший процес керування відбувається в твердому супіску. Відхилення головки на 10 м в цих умовах відбулося при куті скосу головки 25° майже в 2 рази. Для порівняння в суглинку відхилення відбулося меншим в 1,5 рази.

Процес визначення відхилення головки з асиметричним наконечником приводиться на фотографії головки на виході з ґрунту у прийомний котлован (див. рис. 3.13). Відхилення від початкового напрямку траєкторії проколу наглядно показано відносно вертикальної лінії, що вказує на неї.



Рис. 3.15. Забір відхилення руху головки з асиметричним наконечником на виході в прийомний котлован

З наведеного в табл. 3.4 видно, що максимальне відхилення досягається при кутах скосу наконечника 25° , що співпадає з теоретичним розрахунком. Похибка між експериментальними та розрахунковими даними лежать у межах 15 % для кутів $25\text{--}55^\circ$.

Максимальне відхилення проколюючої головки досягається при куті скосу наконечника 25° в суглинку і досягає 44 см, що співпадає з практичним уявленням процесу. При куті нахилу більш ніж $60\text{--}70^\circ$ схід ґрунту з площини припиняється, про що свідчать умови управління траєкторією руху головки, які було наведено раніше. При цьому на похилій поверхні виникає ядро ущільнення, яке за своєю формою приближається до симетричного конуса, на якому врівноважуються сили в просторі, і які не можуть вплинути на процес відхилення наконечника.

Таблиця 3.4

Максимальне відхилення проколюючої головки від типу ґрунту та кута скосу наконечника на дистанції 10 м

Кут нахилу	Відхилення штанги, см								
	Супісок			Суглинок			Глина		
	експ.	розр.	%	експ.	розр.	%	експ.	розр.	%
25°	41,0 $\pm 5,0$	35,3	11,7	27,0 $\pm 4,0$	39,3	10,6	19,6 $\pm 3,0$	18,1	9,5
40°	28,5 $\pm 4,0$	26,0	10,3	21,3 $\pm 3,0$	24,8	11,4	17,2 $\pm 2,5$	15,5	11,4
55°	12,5 $\pm 2,0$	11,2	10,4	13,0 $\pm 3,0$	18,1	11,3	13,0 $\pm 2,0$	11,4	12,3
70°		-	-	-	-		2,8 $\pm 0,5$	2,3	24

Більш детальні результати замірів траєкторії руху проколюючої головки в ґрунті та їх порівняння з теоретичними даними. З якої видно, що на початковому етапі впровадження робочого органу на ділянці довжиною 2–3 м виникають значні розбіжності даних по відхиленню між експериментальними та розрахунковими, які досягають 30–40 %. Потім ця розбіжність зменшується та на протязі усєї дистанції лежить в межах 15 %, що є задовільною величиною. Пояснити велику розбіжність даних по

відхиленню на початку руху головки в ґрунті можна, тим що процес проколу ще не стабілізувався. Крім того похибка пошукового приладу «СПРУТ-5М» на глибині до 3 м складає 1 см, що також при малих значеннях відхилення могли показати велику розбіжність результатів замірів та теоретичних даних.

Результати досліджень жорсткості колони штанг різної довжини і при різних навантаженнях представлені на рис 3.16. Розмір однієї штанги складає:

$$L_{\text{шт}} = 500 \text{ мм}, D_{\text{вн}} = 57 \text{ мм}, D_{\text{нар}} = 63 \text{ мм}, \text{ вага} - 5,76 \text{ кг}.$$

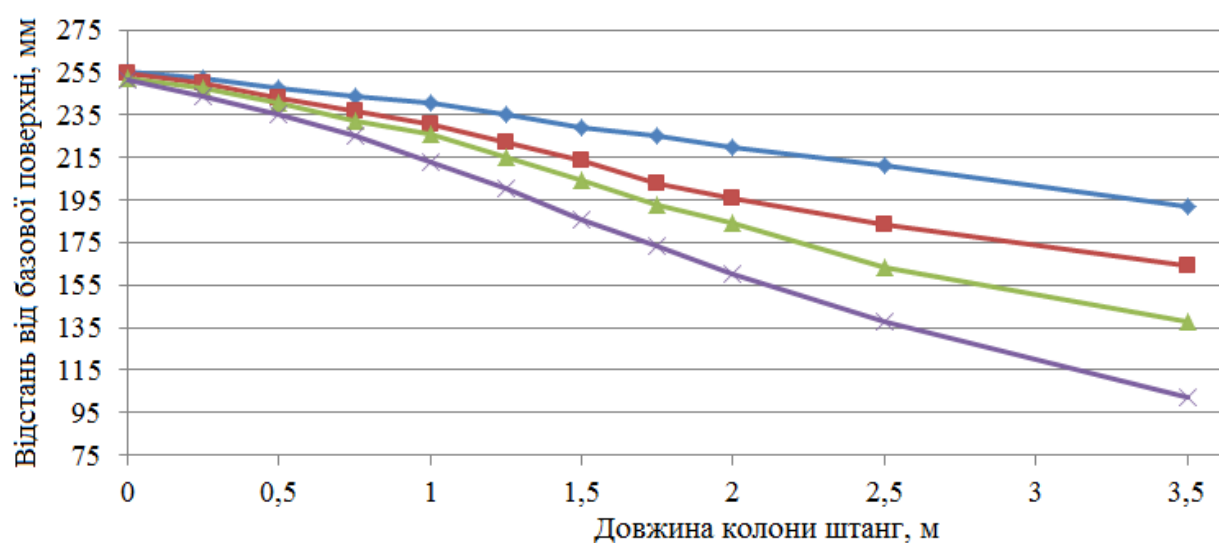


Рис. 3.16. Залежність прогину колони штанг від її довжини

Аналіз результатів досліджень показав, що спочатку прогин штанг пропорційний зростанню їх навантаження, а потім прогин їх сповільнюється, що цілком узгоджується з теорією прогину одиночних і складових стрижнів.

При навантаженні штанги вагою 40 кг було виявлено остаточне деформування першої фіксованої штанги. Про цей критичний стан напруження штанг свідчать і розрахунки їх на міцність при згині.

Алгоритм визначення параметрів циліндричного наконечника зі зрізаною лобовою площиною та величини поперечного відхилення його від поздовжньої осі руху [16]. Послідовність визначення параметрів і величини відхилення наступна:

Визначаємо кут нахилу лобової площини наконечника до горизонту із умови руху ґрунту по лобовій площині

$$\beta < \arcsin \sqrt{\frac{1}{2} + \sqrt{\frac{1}{4} - \left(\frac{f}{1+f^2}\right)^2}}. \quad (3.19)$$

Визначаємо кут нахилу лобової площини наконечника до горизонту із умови міцності матеріала штанги на згин

$$\beta \geq \operatorname{arcctg} \left(f + \frac{8W[\sigma_{зг}] - qL_{\min}^2}{1,44E_{гр}D^2L_{\min}} \right). \quad (3.20)$$

Визначаємо осьову та поперечну сили, що діють на наконечник

$$P_y = 0,36E_{гр} \left[(1 - f^2) + 2f \cdot \operatorname{ctg}\beta \right] D^2; \quad (3.21)$$

$$P_x = 0,36E_{гр} (\operatorname{ctg}\beta - f) D^2. \quad (3.22)$$

Виразуємо поперечне відхилення циліндричного наконечника зі зрізаною еліптичною головкою в залежності від довжини пройденого шляху L

$$S = \frac{0,9E_{гр} (1 - f \cdot \operatorname{tg}\beta)}{E_{зг} D^3 \frac{\gamma^4 - 1}{\gamma^4} \beta_n} L, \quad (3.23)$$

$$\beta_n = \sqrt[4]{\frac{k_n}{4E_{зг}I}}. \quad (3.24)$$

В основі вибору існуючих технологій статичної дії утворення ТПГ було закладено умови підвищення якості та ефективності виконання робіт, яке полягає в забезпеченні відповідності її траєкторії до проектної та збереженні основи доріг та прилеглих комунікацій від їх руйнування при деформуванні ґрунту робочим обладнанням.

Варіанти експериментальних наконечників на яких проводились дослідження наведені на рис. 3.17.

					ДІТ. 63 0000. 301. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

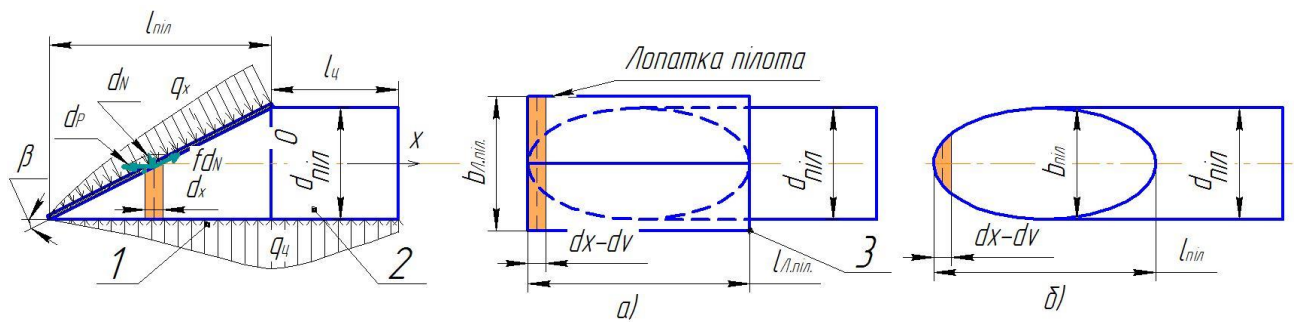


Рис. 3.18. Взаємодія пілотного наконечника з ґрунтом: а) Наконечник з лопаткою; б) – наконечник зі зрізом: 1 – клинова частина з півконусами, що проколює; 2 – частина, що калібрує; 3 – лопатка.

Нормальний тиск ґрунту в кожному поперечному перерізі клиново-призматичного наконечника:

$$q_x^{кл} = \frac{(1 + \omega)\rho_{тв}}{c_k} \left(\frac{1}{\rho_{np}} - \frac{1}{\rho_x} \right). \quad (3.26)$$

Підставивши параметри РО, що можна виміряти (d , n , β), отримаємо:

- для пілота з лопаткою

$$P_{л.нл.} = \frac{l_{л.нл.} \cdot b_{л.нл.}}{2} \cdot E_{ep} (1 + fctg\beta). \quad (3.27)$$

- для пілота без лопатки

$$P_{нл.} = \pi \cdot \frac{d_{нл.}}{2} \cdot \frac{d_{нл.}}{\sin\beta} \cdot E_{ep} (1 + fctg\beta) = \frac{\pi d_{нл.}^2}{2 \sin\beta} \cdot E_{ep} (1 + fctg\beta). \quad (3.28)$$

Опір від сил тертя визначається через площу бокової поверхні наконечника та середній тиск дорівнює:

- для пілота з лопаткою

$$\begin{aligned} F_{л.нл.мп.} &= [l_{л.нл.} \cdot b_{л.нл.}] f \left[2c \cdot tg \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\Phi_0}{2} \right) + \frac{a_q}{2} h \right] = \\ &= \frac{d_{нл.}}{\sin\beta} \cdot b_{л.нл.} \cdot f \left[2c \cdot tg \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\Phi_0}{2} \right) + \frac{a_q}{2} h \right] \end{aligned} \quad (3.29)$$

- для пілота без лопатки

$$F_{мп.нл.} = \frac{\pi d_{нл.}^2}{2 \sin\beta} \cdot f \left[2c \cdot tg \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\Phi_0}{2} \right) + \frac{a_q}{2} h \right], \quad (3.30)$$

$$P_{\Sigma л.нл.} = P_{л.нл.} + F_{л.нл.мп.} \quad \text{або} \quad P_{\Sigma нл.} = P_{нл.} + F_{нл.мп.} \quad (3.31)$$

Коефіцієнт компресії (c_k) чисельно дорівнює тангенсу кута нахилу α ($tg\alpha$) прямої до горизонтальної осі, яка проведена через дві точки компресійної кривої. Основні характеристики ґрунту наведені в таблиці 3.5. Коефіцієнт компресії попередньо можна визначити через вологість ґрунту в природному стані ω або через границю текучості ґрунту ω_T у відсотках [75].

$$c_k = 0,07...0,09(\omega_T - 10), c_k = 0,1\omega \text{ МПа}^{-1}. \quad (3.32)$$

Обчислюють компресійний модуль деформації за формулою [76]

$$E_{zp} = \frac{(1 + \omega) \rho_{тв}}{c_k \cdot \rho_{пр}}, \quad (3.33)$$

де $\rho_{тв}$ – щільність твердої фази ґрунту (щільність ґрунту при умові, що в ньому відсутні пори);

$\rho_{пр}$ – щільність ґрунту в природному стані.

Таблиця 3.5

Характеристика найбільш ймовірних типів ґрунтів

Тип ґрунту/ параметр	Твердий супісок	Напівтвердий суглинок	Тугопластична глина	Ґрунт в лабораторії
1	2	3	4	5
Природна вологість, ω , %	10...14	17...20	25...30	6...12
Щільність твердої фази ґрунту, $\rho_{тв}$, т/м ³	2,7	2,7	2,73	2,66
Щільність ґрунту в природному стані, $\rho_{пр}$, т/м ³	2,05	2,1	2	1,79
Коефіцієнт консистенції, B_k	$B_k' < 0$	$0 \leq B_k \leq 0,25$	$0,25 \leq B_k \leq 0,5$	
Коефіцієнт зчеплення, c , МПа	0,02	0,04	0,04	0
Кут внутріш. тертя, φ_0 , град.	28	23	18	39
Кут зовніш. тертя φ , град	25	21	22	42
Коефіцієнт тертя ґрунту по РО (сталі) f	0,532	0,424	0,325	0,582
Питома вага у природному стані ґрунту, γ_{zp} кН/м ³	20,5	21,0	20,5	17,9
Несуча спроможність ґрунту, $q_{кр}$, МПа	0,37	0,55	0,48	-
Коефіцієнт бічного тиску ξ	0,525	0,576	0,633	-
Коефіцієнт Пуассона, μ	0,344	0,365	0,388	0,3

Продовження таблиці 3.5

1	2	3	4	5
Коефіцієнт компресії, c_k , МПа ⁻¹	1,08	1,73	2,81	0,082
Компресійний модуль, E_{cp} , МПа	1,39	0,892	0,631	14,519
Модуль загальної деформації, E , МПа	1,0	0,508	0,247	-
Модуль об'ємної деформації, E_V , МПа	0,95	0,64	0,477	-
Кількість ударів щільноміра, $C_{y\delta}$, (категорія)	5-8 (II)	5-8 (II)	5-8 (II)	1-2 (I)

Для дослідження впливу кута скосу наконечника на відхилення головки в ґрунті, які визначають процес корекції траєкторії її руху були виготовленні змінні наконечники у вигляді скошених поверхонь, кут нахилу яких щодо осі робочого органу дорівнює: 30°, 45, 60° і 75° (рис. 3.17).

Заміри відхилення від осі здійснювались наступним чином. По осі стартової свердловини в протилежній траншеї відмічалася точка очікуваного виходу проколюючої головки при проектному прямолінійному її руху.

Після проколу відстань фактичного виходу до неї вимірювалась за допомогою металевої лінійки з похибкою заміру 0,1 мм. Матеріал штанги являє собою трубу, яка зроблена зі сталі Ст. 20, зовнішній діаметр якої складає 63,5 мм з товщиною стінки 6 мм.

Підставляючи відповідні значення в залежності (3.27-3.31) побачимо, що суттєве збільшення сили проколювання збільшується зі збільшенням кута нахилу зрізу або лопатки пілотного РО та збільшення довжини робочої частини. Одночасно зі зменшенням кута загострення зменшується осьова сила та суттєво збільшується бокова сила, а відповідно ї зменшення РО від проектною осі.

Для керування траєкторією проколу (прямолінійної або заданої з використанням локаційних систем) необхідно постійно змінювати положення скосу – обертати штанги навколо осі. Рекомендовано при ручному обертанні

					ДІТ. 63 0000. 301. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

проводити один оборот кожні 100 мм проходки при обертанні механічним приводом мати мінімум 30 об за хвилину при швидкості 2,7 до 7 м/хв, при чому в більш міцних ґрунтах та сухих ґрунтах швидкість проходки суттєво падає, а навантаження на пілотний РО збільшується.

В процесі досліджень, експлуатації та модернізації пілотних робочих наконечників були отримані розміри, що дають змогу найбільш ефективно виконувати проколювання ТПГ, співвідношення між розміром штанги та пілотного наконечника зі скосом становить більше 10 мм на сторону але не більше 15 мм, адже збільшення отвору приводить до ускладнення керування траєкторією.

Найбільш оптимальним виявилось збільшення частоти обертання РО з 30 до 50-65 об/хв, а швидкість проходки зменшили з 7 до 2 м/хв, що дало сумарно збільшити проходку ТПГ за рахунок стабільності переміщення РО та зменшення зворотно-поступальних рухів для стабілізації ТПГ.

Висновки.

1. Визначений закон зміни нормального тиску ґрунту на робочі поверхні різних за формою наконечників на основі закону рівності мас до і після деформування ґрунту. В результаті розроблені математичні моделі для визначення зусиль проколу пілотним РО в залежності від ґрунтових умов і геометричних параметрів. Окремо слід зазначити, що сила тертя на бічній поверхні циліндричної частини наконечника проколюючої головки досягає 25–30% від сумарного значення сили опору ґрунту.

2. Величина зони деформування ґрунту навколо наконечника прямопропорційно збільшується із збільшенням розміру ТПГ у ґрунті. Зона руйнування ґрунту знаходиться в межах: для твердого супіску – (2,46–3,55); для напівтвердого суглинку – (2,02–2,85); для тугопластичної глини – (1,91–2,67) діаметрів свердловини.

3. Визначені горизонтальна та вертикальна реакції ґрунту на лобову площину зрізу асиметричного циліндричного наконечника (пілота з

					ДІП. 63 0000. 301. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

лопаткою), а також поперечне відхилення його в залежності від довжини траєкторії прямолінійного руху, вплив на величину відхилення фізико-механічних властивостей ґрунту та геометричних параметрів наконечника. Установлено, що для найбільш ймовірних ґрунтових умов на площадці зрізу, яка нахилена під кутом до горизонту більшим за $60\text{--}70^\circ$, утворюється постійне ґрунтове ядро ущільнення, що є причиною некерованості наконечника та процесу проколювання.

4. Встановлено, що при керуванні траєкторією проколу ґрунту, крім фізико-механічних властивостей ґрунту та геометричних параметрів асиметричної лобової поверхні наконечника, необхідно враховувати умову міцності штовхаючих штанг або захисних футлярів на згин під час їх просування по криволінійних траєкторіях. З цієї умови визначений критичний кут нахилу лобової площадки наконечника до горизонту, який знаходиться в межах: для твердого супіску від 6° до 57° ; для напівтвердого суглинку 4° до 60° ; для тугопластичної глини 3° до 61° . При цьому мінімальний радіус згину штанг складає 17,5 м для штанг діаметром 0,05 м.

5. Розроблені математичні моделі корекції траєкторії руху асиметричного наконечника у вигляді еліпсоїдної площадки, що утворюється перерізом циліндра нахиленою в протилежному напрямку руху площиною. Ці моделі описують поперечне переміщення наконечника квадратичною залежністю від часу.

					ДІТ. 63 0000. 301. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Вимоги безпеки праці оператора проколюючої установки під час виконання робіт

Установка для горизонтального проколювання ґрунту призначена для виконання робіт з проколювання отворів у ґрунті на відстань до 50 м за керованою траєкторією. Установка складається з:

- насосної станції, що має з двигун внутрішнього згорання та клинопасовий редуктор який приводить в дію два гідравлічні насоси, гідробак з системою фільтрації робочої рідини, запобіжних елементів гідросистеми;
- силової установки, яка складається зі сталевих зварної рами, де розміщені два гідроциліндри, що переміщують редуктор приводу обертання бурового ставу та одночасно виконує роль вантажної траверси. На рамі також змонтовано гідророзподільники;
- набору штанг з пілотним буром, який обладнаний зондом-датчиком для визначення положення та набором змінних наконечників рис. 3.17;
- системи локації – пристрій, що сприймає сигнали від зонда і вказує його місце знаходження (положення по горизонталі та вертикалі);
- комплекту розширювальних конусів;
- вертлюга і комплекту стаканів для затягування обсадних труб-футлярів.

Для виконання робіт з безтраншейної розробки ґрунту установку обслуговують машиніст, помічник машиніста та оператор локаційної системи.

Проектування та експлуатація установки виконується у відповідності до правил безпеки і безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском НПАОП 0.00-1.59-87 «Правила безпеки і безпечної експлуатації по-судин, що

					ДІТ. 63 0000. 301. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

працюють під тиском» [54], та правил безпечної роботи з інструментом і пристроями НПАОП 0.00-1.71-13 «Правила безпечної роботи з інструментом і пристроями» [55].

Охорона праці – це система законодавчих актів, соціально-економічних, організаційних, технічних, гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів і засобів, що забезпечують безпеку, збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці.

Небезпечний виробничий фактор - виробничий чинник, вплив якого на працівника в певних умовах призводить до травм, гострого отруєння або іншого раптового різкого погіршення здоров'я або до смерті.

Шкідливий виробничий фактор - виробничий чинник, вплив якого за певних умов може призвести до захворювання, зниження працездатності і (або) негативного впливу на здоров'я нащадків.

Небезпечні фактори, що діють на обслуговуючий персонал

Під час експлуатування установки для горизонтально-направленого буріння на обслуговуючий персонал діють наступні шкідливі та небезпечні фактори [56] ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация (не дійсний):

- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- підвищений рівень вібрації на робочому місці;
- підвищена або знижена температура повітря робочої зони на робочому місці;
- підвищена загазованість, запиленість та вологість повітря робочої зони;
- фізичні та нервово-психічні перевантаження оператора;
- рухомі механізми, їхні робочі органи та частини;
- конструкції машини, що руйнуються;
- завалення ґрунтів та гірських порід;
- розгерметизації гідравлічної системи установки.

					ДІТ. 63 0000. 301. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77

Шум. Шум несприятливо впливає на людину і може спричинити хворобливі наслідки: підвищується кров'яний тиск, порушується ритм серця, створюється значне навантаження на нервову систему, послаблюється увага, підвищується нервова збудливість, знижується працездатність, порушується робота шлунково-кишкового тракту тощо. Шуми шкідливо впливають на зоровий і вестибулярний аналізатори; знижують рефлекторну діяльність, що часто стає причиною нещасних випадків і травм. Шум - це одна з форм фізичного (хвильового) забруднення природного середовища, адаптація до якого організму людини практично неможлива [57-60].

Рівень шуму на робочому місці машиніста не повинен перевищувати норм, зазначених «Шум машин. Методи визначення шумових характеристик. Загальні вимоги» та ISO 16902-1:2003 «Шум машин. Технічний метод визначення рівнів звукової потужності насосів гідروприводів за інтенсивністю звуку» [59].

Для зменшення рівня шуму на робочому місці обслуговуючого персоналу необхідно використовувати методи зниження шуму у джерелі його виникнення, методи звукоізоляції, методи звукопоглинання, методи віброізоляції, засоби індивідуального захисту – навушники, біруши: ДСТУ 2867-94 «Шум. Методи оцінювання виробничого шумового навантаження. Загальні вимоги» EN 352-4:2001 «Засоби індивідуального захисту органів слуху. Вимоги безпеки і випробування. Частина 4. Звукозалежні протишумові навушники» [57, 60].

Мікроклімат і макроклімат на робочому місці. Показниками мікроклімату на робочому місці є: температура повітря, відносна вологість повітря, швидкість руху повітря, інтенсивність теплового випромінювання.

На робочому місці оператора повинні бути забезпечені оптимальні показники мікроклімату, а саме температура повітря – не нижче - –10°C і не вище +35°C, відносна вологість – 60-40 %, швидкість руху повітря – не більше 1,5 м/с.

					ДІП. 63 0000. 301. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		78

Під час виконання робіт на відкритому повітрі обслуговуючий персонал піддається дії знижених або підвищених температур. Тому працівники повинні бути забезпечені спеціальним взуттям, спеціальним спецодягом та іншими засобами індивідуального захисту згідно з Типовими галузевими нормами безплатної видачі спецодягу, спецвзуття та інших засобів індивідуального захисту, що діють на підприємстві.

Вібрація. Робоче місце має бути перевірене відповідно до EN ISO 5349-1:2001 «Вібрація механічна. Вимірювання та оцінювання впливу на людину локальної вібрації. Частина 1. Загальні вимоги», EN 28662-1:1992 «Інструменти ручні переносні приводні. Вимірювання вібрації на рукоятці. Частина 1. Загальні положення» та за необхідності провести роботи по зменшенні вібраційного впливу на людину [61, 62].

Фізичні та нервово-психічні перевантаження робочого місця оператора проколюючої установки

Психофізіологічні небезпечні та шкідливі фактори виробництва поділяються на фізичні і нервово-психічні перевантаження. Фізичні перевантаження можуть бути статичні, динамічні та гіподинамічного. До нервово-психічних перевантажень відносяться: розумова перенапруга, монотонність праці, перенапруга аналізаторів і емоційні перевантаження, що призводять до розладів нервової, серцево-судинної та інших систем людини. Для недопущення перевантажень працівників слід дотримання встановлених нормативів темпу і ритму роботи, раціоналізації режимів праці та відпочинку (установлення додаткових перерв, отримання додаткової відпустки тощо) [65-67].

Рухомі частини проколюючої установки, що можуть зруйнуватись

Наявність частин, що обертаються та рухомих частин, проколюючої установки (рис. 1.4, д), на робочому місці оператора, та обмежений простір робочого приямка, можуть бути причинами виробничого травматизму. Для запобігання виробничого травматизму при виконанні робіт оператор та помічник оператора мають чітко дотримуватись всіх вимог безпеки під час виконання

					ДІТ. 63 0000. 301. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		79

роботи, розроблених та затверджених на підприємстві, організаційно –технічних заходів з охорони праці, а саме Інструкцій з охорони праці, проектів виконання робіт, оформлення нарядів-допусків на роботи з підвищеною небезпечкою, проведення спеціального навчання, перевірки знань та інструктажів тощо.

Для унеможливлення виникнення небезпечних ситуацій, пов'язаних з руйнуванням обладнання та його складових частин, конструкція установка обладнана гідророзподільником з запобіжним клапаном, згідно з усіма вимогами безпеки, викладеними у нормативно-технічній документації, а також своєчасно проходити всі види планово - попереджувальних ремонтів.

Завалення ґрунтів та гірських порід. Під час улаштування робочого та прийомного приямків для установаження установки можливе завалення ґрунтів. Причинами завалення ґрунтів в основному є розробка ґрунтів без кріплення з перевищенням критичної висоти вертикальних стінок траншей, котлованів, неправильна конструкція кріплення відкосів [63].

Виконання робіт, пов'язаних із перебуванням працівників у виїмках з укосами без кріплень у насипних, піщаних і пилуватоглинистих ґрунтах вище рівня ґрунтових вод (з урахуванням капілярного підняття) або ґрунтах, осушених за допомогою штучного водозниження та таких, що не піддаються зволоженню, допускається за глибини виїмки та крутості укосів, зазначених у таблиці 6.1.

Таблиця 4.1

Крутість укосу виїмки залежно від глибини виїмки та виду ґрунту

Вид ґрунту	Крутість укосу (відношення висоти укосу до його основи), град., при глибині виїмки, м, не більше					
	1,5		3,0		5,0	
Насипний незлежаний	1	0,67 (56)	1	1(45)	1	1,25 (38)
Піщаний	1	0,5 (63)	1	1 (45)	1	1 (45)
Супіщаний	1	0,25 (76)	1	0,67 (56)	1	0,85 (48)
Глинистий	1	0 (90)	1	0,5 (63)	1	0,75 (53)
Глина	1	0 (90)	1	0,25 (76)	1	0,5 (63)
Лесовий	1	0 (90)	1	0,5 (63)	1	0,5 (63)

Вертикальні стінки в ґрунтах природньої вологості за відсутності ґрунтових вод допускається без кріплення:

- при глибині виїмок в піщаних та крупнообломкових породах - не більше 1 м;
- в супіщаних ґрунтах - 1,25 м;
- в суглинках і глинах - 1,5 м,
- в особливо щільних ґрунтах - 2 м.

Земляні роботи в охоронній зоні кабелів високої напруги, діючих газопроводів та інших комунікацій необхідно виконувати за нарядом-допуском після одержання дозволу від організацій, що їх експлуатують [77] ДБН А.3.2-2-2009. «Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення».

Виконання робіт у цих умовах необхідно здійснювати під безпосереднім наглядом керівника робіт, а в охоронній зоні кабелів, що перебувають під напругою, або діючих газопроводів, крім того, під наглядом працівників організації, що експлуатують ці комунікації [77].

Приямки, що розробляються на вулицях, проїздах, дворах населених пунктів, в інших місцях можливого перебування та пересування людей або транспорту, повинні бути огорожені захисними огорожами.

На огорожах повинні бути нанесені попереджувальні написи, а в нічний час - встановлене сигнальне стрічки або освітлення.

Розгерметизація гідравлічної системи установки.

Небезпека під час роботи гідросистеми установки виникає у зв'язку з недостатньою механічною міцністю конструкцій гідро пристроїв за перевищення максимального тиску робочої рідини, дії зовнішніх механічних факторів у місцях кріплення гідро пристроїв, накопичення енергії у пружних елементах системи та робочій рідині, недостатнього або вичерпаного ресурсу та надійності гідросистеми, викидання робочої рідини під високим тиском [64].

					ДІП. 63 0000. 301. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		§1

З'єднання рукавів та трубопроводів повинні бути вільними для зовнішнього огляду. Конструкція повинна виключати тертя, скручування, перегибання та надлишкове напруження рукавів під час переміщення рухомих частин обладнання.

Трубопроводи та гідроциліндри повинні бути спроектовані таким чином, щоб в них не виникало недопустимих напружень в результаті температурних деформацій.

Рукава повинні бути захищені кожухом і мати свідоцтво про проходження вхідного контролю та проведення випробувань.

Охорона навколишнього середовища. Основним шкідливим фактором при роботі установки по проколюванню ґрунту є забруднення гідравлічною рідиною. небезпека під час роботи гідросистеми установки виникає у зв'язку з недостатньою механічною міцністю конструкцій гідро пристроїв за перевищення максимального тиску робочої рідини, дії зовнішніх механічних факторів у місцях кріплення гідро пристроїв, накопичення енергії у пружних елементах системи та робочій рідині, недостатнього або вичерпаного ресурсу та надійності гідросистеми, викидання робочої рідини під високим тиском.

З'єднання рукавів та трубопроводів повинні бути вільними для зовнішнього огляду. Конструкція повинна виключати тертя, скручування, перегибання та надлишкове напруження рукавів під час переміщення рухомих частин обладнання.

Трубопроводи та гідроциліндри повинні бути спроектовані таким чином, щоб в них не виникало недопустимих напружень в результаті температурних деформацій.

Рукава повинні бути захищені кожухом і мати свідоцтво про проходження вхідного контролю та проведення випробувань

					ДІТ. 63 0000. 301. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		82

4.2 Дії працівника у разі аварійної або надзвичайної ситуації

В разі виникнення небезпечної ситуації обслуговуючий персонал повинен припинити роботу, вийти з небезпечної зони, не допускати сторонніх людей в небезпечну зону.

При виявленні на розроблюваній ділянці підземних комунікацій, не передбачених проектом виконання робіт, працівники повинен негайно зупинитись і повідомити про це керівництво.

Повідомити виконроба (майстра) про те, що сталося. Якщо є потерпілі, необхідно надавати їм першу медичну допомогу, а при необхідності – викликати „швидку медичну допомогу". Якщо сталася пожежа, викликати пожежну частину та приймати заходи до її гасіння підручними засобами пожежегасіння.

В усіх випадках виконувати вказівки виконроба (майстра).

Захист працівників в умовах пожежі [68, 69] «Про затвердження Правил пожежної безпеки в Україні» від 05 березня 2015 р. та «Про затвердження Порядку спільних дій на випадок виникнення надзвичайних ситуацій та пожеж в організаціях, установах і закладах з цілодобовим перебуванням людей» від 31.07.2012 р.

Пожежі належать до надзвичайних ситуацій техногенного характеру, що супроводжуються виходом їх з ладу і досить часто призводять до загибелі або травмування людей, а також значних матеріальних втрат. Пожежна безпека на підприємствах забезпечується шляхом проведення організаційних, технічних та інших заходів, спрямованих на запобігання пожежам, забезпечення безпеки людей, зниження можливих майнових втрат і зменшення негативних екологічних наслідків у разі виникнення пожеж, створення умов для швидкого виклику пожежних підрозділів та успішного гасіння пожеж.

Пожежна безпека [68-70] забезпечується відповідно до вимог «Кодекс цивільного захисту України (КЦЗУ)» та НАПБ А.01.001-2015 Правила пожежної безпеки в Україні, ДБН В.1.1-7-2002 „Пожежна безпека об'єктів будівництва”.

					ДІТ. 63 0000. 301. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		83

Основними можливими факторами, що можуть спричинити пожежу є паливна систем установки. Тому для запобігання виникнення пожеж необхідно дотримуватись всіх вимог пожежної безпеки під час заправки паливом, під час ремонту та технічного обслуговування, а також дотримуватись вимог пожежної безпеки на підприємстві [64, 70].

Установка повинна бути забезпечена вогнегасниками, що завжди знаходяться на майданчику у легкодоступному місці.

Вогнегасники потрібно захищати від впливу атмосферних опадів, сонячних променів і бруду [71, 72] «Вогнегасники переносні. Частина 7. Характеристики, вимоги до робочих параметрів і методи випробувань» та «Пожежогасіння. Вогнегасники пересувні. Експлуатаційні характеристики та конструкція».

Для запобігання пожеж забороняється:

- підігрівати двигун і картер відкритим вогнем;
- подавати при несправній системі живлення паливо та робочу рідину у бак безпосередньо з будь-якої ємності через шланг чи іншим способом;
- експлуатувати несправні прилади систем живлення;
- залишати на двигуні забруднені мастилом і паливом обтиральні матеріали (кличчя і т.п.);
- допускати скупчення на двигуні бруду, змішаного з паливом і мастильними матеріалами;
- застосовувати для знежирення і миття двигуна, вузлів і агрегатів бензин та інші легкозаймисті та горючі рідини;
- користуватись відкритим вогнем при визначенні та усуненні несправностей механізмів, розігрівати двигун відкритим полум'ям;
- розводити вогонь ближче 10 м від стоянки транспортного засобу;
- курити біля транспортного засобу на відстані менш 5,0 метрів.

Протипожежний інвентар та первинні засоби пожежогасіння повинні утримуватись у справному стані.

					ДІТ. 63 0000. 301. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		84

Для забезпечення протипожежного захисту Установки статичного проколювання ґрунту використовується Вогнегасник ВП-2, порошковий, закачаний. Використовується в якості первинного засобу гасіння пожеж класів А, В, С в автомобілях та мототехніці. Вогнегасна здатність, клас А/клас В: 1А/21В. Технічне обслуговування (перезарядка) вогнегасників проводиться згідно з ДСТУ 4297:2004.

Розташування заправних горловин паливного бака повинно бути таким, щоб під час заправки виключалась можливість потрапляння палива на частини машини, що здатні викликати спалахування.

Завалення ґрунтів та гірських порід.

Під час улаштування робочого та прийомного приямків для установки установки можливе завалення ґрунтів. Причинами завалення ґрунтів в основному є розробка ґрунтів без кріплення з перевищенням критичної висоти вертикальних стінок траншей, котлованів, неправильна конструкція кріплення відкосів [63] Настанова з проектування котлованів для улаштування фундаментів і заглиблених споруд.

При виникненні аварійних ситуацій в процесі отримання ТПГ проколом ґрунту або розширенням клиново-призматичним РО оператор установки в залежності від обставин приймає наступні дії:

1) аварія установки для проколювання ґрунту, поломка насосної станції або силового механізму, оператор сповіщає майстра, далі проводить аналіз пошкоджень та можливі шляхи вирішення питання, при цьому механізми дістають з робочого приямка і всі ремонтні роботи проводять за межами робочої зони, при складних поломках установка повертається на базу або ремонтну майстерню;

2) при поломці штанг на етапі пілотного буріння, оператор сповіщає майстра, та використовуючи мітчик-уловлювач для знаходження, захоплення й виймання ставу зі штанг з забою;

					ДІТ. 63 0000. 301. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		85

3) при поломці штанг на етапі розширення отвору ТПГ до потрібного розміру, оператор сповіщає майстра, виймає установку з робочого приямку та переміщує його в прийомний приямок, і звідти виймають штанги, що залишились разом зі зламанною штангою, видаляє її зі ставу та обладнавши кінець ставу конусним наконечником проштовхує їх в зворотному напрямку в бік робочого приямку, повторно перемістившись в робочий приямок завершує розширення ТПГ;

4) при поломці штанг або обвалі ґрунту на етапі затягування футлярів або їх заїлювання в ТПГ перезволоженим ґрунтом, оператор сповіщає майстра, виймає установку з робочого приямку та переміщує його в прийомний приямок, і звідти по черзі виймає футляри, заново проводить розширення ТПГ та повторне протягування футлярів;

5) при поломці штанг або заклинюванні пучка футлярів в ТПГ великого розміру, при відсутності можливості вийняти їх та повторити операцію, оператор сповіщає майстра, збираються фахівці, що проектують мережі, представники благоустрою, представники мереж, що розташовані поруч та приймають рішення про можливість розкопування місця аварії відповідно до діючого законодавства [32, 33] Закон України. «Про благоустрій населених пунктів» та Закон України «Про землеустрій».

					ДІТ. 63 0000. 301. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		86

ВИСНОВОК

В роботі розглянуті основні питання «Визначення виливу форми та частоти вертання бурової головки на зусилля проколювання горизонтально направленої пілотної свердловини».

При опрацюванні теми виконали 6 розділів в яких розглянуто аналіз існуючих методів отримання горизонтальних отворів, проведено патентний огляд форм робочих органів ґрунтопроколюючих установок та способів, наведені теоретичні викладки та проведена підготовка експерименту, створено креслення та виготовлено досліджуваний робочий орган, проведено експеримент, розглянули питання аналізу небезпечних і шкідливих виробничих факторів під час роботи статичного проколювання та захисту працівників в умовах пожежі, пророблено 46 літературних джерела.

Отриманий результат дає змогу стверджувати, що теоретичні викладки сходимі з теоретичними та не відрізняються від експериментальних даних більше ніж на 15%. Такий результат є прийнятний.

1) Отримані залежності компресійного модуля деформації ґрунту типу супісок та лабораторного ґрунту в залежності від його вологості та складу. В подальшому плануємо закінчити експеримент з твердими суглинками та тугопластичною глиною.

2) Отримана залежність для визначення мінімальної товщини клину, що дозволило встановити оптимальні діаметри футлярів, які прокладаються групами по 2-9 шт. під дорогами та об'єктами інфраструктури. Встановлено, що найбільш ефективно прокладати комунікації клиновим наконечником з виступами в тугопластичній глині діаметром $d_{\text{опт}} = 0,096$ м; в напівтвердому суглинку – $d_{\text{опт}} = 0,127$ м.; в твердому супіску – $d_{\text{опт}} = 0,129$ м.

3) Отримані залежності для визначення максимального діаметру ефективного використання клинового наконечника з виступом, який становить

					ДІП. 63 0000. 301. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		87

для твердого супіску $d_{\max} \geq 0,258$ м, для напівтвердого суглинку $d_{\max} \geq 0,254$ м та для тугопластичної глини $d_{\max} \geq 0,192$ м.

4) Проведені експерименти та виконані порівняння з теоретичними значеннями. За результатами порівняння виявили деяку невідповідність теоретичних та практичних матеріалів – це пов’язано з неточністю експерименту, недосконалістю вимірювання, та важкістю контролю вологості в умовах лабораторії. Цей пункт потребує подальшого опрацювання.

					ДІТ. 63 0000. 301. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		88

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

- 1) Деркач, І. Л. Міські інженерні мережі: Навч. посібник / І. Л. Деркач. – Харків: ХНАМГ, 2006. – 97 с.
- 2) Машины для бестраншейной прокладки подземных коммуникаций: учебное пособие / С. В. Кравець, В. К. Руднев, Н. Д. Каслин, В. Н. Супонев. – Харьков: ООО «Фавор», 2008. – 256 с.
- 3) Лысиков Б.А. Подземная инфраструктура городов (опыт зарубежного строительства). Монография. / Б.А. Лысиков, Л.Л. Кауфман. – Донецк: Норд-Пресс, 2004. – 204 с.
- 4) Najafi M., Trenchless Technology: Planning, Equipment, and Methods: The complete guide to trenchless technology project management, planning, costs, and methods / M. Najafi. – McGraw-Hill, 2012, – 608 P
- 5) Anna Pridmore, Jim Geisbush, Developing a Successful Specification for Horizontal Directional Drilling. Pipelines 2017: Planning and Design (553 - 563) Book set: Pipelines 2017.
- 6) Преимущества использования бестраншейных технологий. / Ассоциация «Современные Бестраншейные Технологии». Posted By admin On 17 Август, 2008. – Режим доступа: https://www.no-dig.odessa.ua/?page_id=226 (дата звернення: 07.07.2021)
- 7) Бобылев, Л. М. Новинки техники для бестраншейной прокладки и ремонта коммуникаций / Л. М. Бобылев, А. Л. Бобылев // Механизация строительства. – 1993. – №1. – С. 28–32.
- 8) Вазетдинов, А. С. Прокладка горизонтальных скважин под кабелепроводами вибропроколом и гидромеханизированным способом / А. С. Вазетдинов. – М.: Госстройиздат, 1961. – 97 с.
- 9) Краснолудский, Н. В. Методика определения основных геометрических параметров вибронаконечника для бестраншейной прокладки коммуникаций методом вибропрокола / А. В. Краснолудский, Н. В. Краснолудский

					ДІТ. 63 0000. 301. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		89

// Известия ТулГУ. Сер. Подъемно-транспортные машины и оборудование. – Тула: ТулГУ, – 2009, Вып. 2. – С. 30–35.

10) Машина СО-166М для забивания стальных труб. ТМ Nova Tec. ПуАТ Одеський завод будівельно-обробних машин. Електронний ресурс / (Україна) – 2021. Режим доступу: <https://som-ua.all.biz/>

11) Высокопроизводительные гидропневматические ударные машины для прокладки инженерных коммуникаций / Д. Н. Ешуткин, Ю. М. Смирнов, В. И. Цой, В. Л. Исаев. – М.: Стройиздат, 1990. – 171 с.

12) Горизонтальне пробивання за допомогою Grundomat. Grundomat® Horizontal Boring Tool. Electronic resource / (New York, USA) – 2002: Режим доступа: <https://www.tttechnologies.com/products/grundomat-horizontal-boring-tool/>

13) Высокопроизводительные гидропневматические ударные машины для прокладки инженерных коммуникаций / Д. Н. Ешуткин, Ю. М. Смирнов, В. И. Цой, В. Л. Исаев. – М.: Стройиздат, 1990. – 171 с.

14) Ромакин, Н. Е. Параметры рабочего инструмента для статического прокола грунта / Н. Е. Ромакин, Н. В. Малкова // Строительные и дорожные машины. – 2007. – № 11. – С. 31–33.

15) Балесный, С. Особенности процессов статического прокола грунта / С. П. Балесный // Вісник ВХНАДУ. – 2017. – Вып. 76. – С. 138–141.

16) Наукові основи та практика створення мінімально енергоємних робочих органів для формування комунікаційних порожнин в ґрунті: монографія / С. В. Кравець, В. М. Супонев, О. П. Посмітюха, С. П. Балесний – Харків, ХНАДУ, 2021. 304 с.

17) Супонев, В. Н. Обоснование параметров установок для бестраншейной прокладки распределительных сетей инженерных коммуникаций методом гидростатического прокола / В. Н. Супонев, В. И. Олексин // Энергосбережение, энергетика, энергоаудит. – 2010. – №5. С. 66–74.

					ДІТ. 63 0000. 301. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		90

18) Л. А. Хмара, Машины для земляных работ: учебник / Хмара Л.А., Кравець С.В., Скоблюк М.П. за заг. ред. д.т.н., проф. Л.А. Хмари та д.т.н., проф. С.В. Кравця. – Х.: ХНАДУ, 2014. – 548 с.

19) Установка бестраншейной прокладки труб «Горизонт». Электронный ресурс. – Режим доступа: <http://www.enerprom.ru/prod/9.html>

20) HDD technology and methods of horizontal drilling rigs PERFORATOR. Electronic resource / (Germany) – 2002: Режим доступа: <http://perforator.su/tekhnologiya.html>

21) Ditch Witch. Equipment NO-DIG. directional drills. Electronic resource / (USA) – 2021. – Режим доступа: <https://www.ditchwitch.com/directional-drills>

22) The advantages of the NO-DIG systems from TRACTO-TECHNIK. Electronic resource / (Germany) – 2021. – Режим доступа: <https://tracto.com/en/Products/grundodrill-the-new-generation>

23) Установка направленного бурения для прокладки инженерных коммуникаций VERMEER. Электронный ресурс / (Україна) – 2021. – Режим доступа: <https://effis.com.ua/ustanovka-napravlenного-bureniya-dlya-prokladki-inzhenernykh-kommunikatsiy/>

24) Краснолудский, Н. В. Методика определения основных геометрических параметров вибронаконечника для бестраншейной прокладки коммуникаций методом вибропрокола / А. В. Краснолудский, Н. В. Краснолудский // Известия ТулГУ. Сер. Подъемно-транспортные машины и оборудование. – Тула: ТулГУ, – 2009, Вып. 2. – С. 30–35.

25) Державні будівельні норми України. ДБН В.2.3-4:2015. Автомобільні дороги. Частина I. Проектування. Частина II. Будівництво: затв. та введ в дію наказом від 21.09.2015 № 234 / Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України – Київ: Укрархбудінформ, 2015. – 112 с.

					ДІТ. 63 0000. 301. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		91

26) Державні будівельні норми України. ДБН В.2.3-18:2007. Трамвайні та тролейбусні лінії. Загальні вимоги до проектування. Затв. та введ в дію наказом від 28.12.2007 № 401 / Мінрегіонбуд України – Київ: Укрархбудінформ, 2008. – 58 с.

27) Галузеві будівельні норми України. ГБН В.2.5-00013741-72:2013. Зовнішні мережі та споруди. Кабельні лінії напругою до 10000 В з використанням гнучких гофрованих двошарових труб із поліетилену. Проектування. Затверджено та надано чинності: Наказ Міністерства енергетики та вугільної промисловості України від 19.03.2013 р. №114. – Київ: Міненерговугілля України, 2013. – 28 с.

28) Державні будівельні норми України. ДБН В.2.5 – 74: 2013 Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. Затв. та введ в дію наказом від – 08.04.2013 р. №133, і введені в дію з 01.01.2014 р. / Мінрегіон України, – Київ: ДП "Укрархбудінформ" 2013. – 180 с.

29) Державні будівельні норми України. ДБН В.2.5 – 75: 2013 Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. Затв. та введ в дію наказом від – 28.07.2013 р. №134, і введені в дію з 01.01.2014 р. / Мінрегіон України, – Київ: ДП "Укрархбудінформ" 2013. – 223 с.

30) Відомчі будівельні норми України. ВБН В.2.2-45-1-2004. Проектування телекомунікацій. Лінійно-кабельні споруди (рос). Затв. та введ в дію наказом від 30.03.2004 № 62. / Державний комітет зв'язку та інформації України, – Київ.: Укрархбудінформ, 2004. – 131 с.

31) Кабінет міністрів України – постанова. Про затвердження Правил охорони магістральних трубопроводів: від 16.11.2002 № 1747, поточна редакція від 05.04.2017, підстава - 161-2017-п, – Київ. 2002. – 8 с.

32) Закон України. Про благоустрій населених пунктів: від 6 вересня 2005. № 2807-IV. Поточна редакція від 16.10.2020, підстава - 124-IX. – Київ: 2005. – 14 с.

					ДПТ. 63 0000. 301. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		92

33) Закон України «Про землеустрій». від 22.05.2003 №36, документ 858-IV, поточна редакція – від 24.07.2021, підстава - 711-IX, – Київ. 2003. – 32 с.

34) Антонец, Ю. А. Руководство по выбору, прокладке, монтажу, испытанием и эксплуатации кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена на напряжение от 45 до 150 кВ. Ю. А. Антонец, А. Л. Обозный. ПАО «ЗАВОД «ЮЖКАБЕЛЬ». 2014. – 88 с.

35) Кабінет Міністрів України – постанова. Про затвердження Правил охорони електричних мереж: від 4 березня 1997 р. № 209, поточна редакція від 05.04.2017, підстава - 161-2017-п. – Київ. 1997. – 14 с.

36) Стандарт Організації України. СОУ-Н МПЕ 40.1.20.509:2005 Експлуатація силових кабельних ліній напругою до 35 кВ. Інструкція. Затв. та введ в дію наказом від 15.02.2005 № 77 / Міністерства палива та енергетики України. – Київ: ЗАТ “Діелектричні кабельні системи України”, 2005. – 21 с.

37) Патент RU 2394128. МПК E02F 5/18. Устройство для бестраншейной прокладки трубопроводов способом прокола / Ромакин Н. Е., Максимов В. П., Максимов С. В. (росия) – Оpubл. 2010.07.10. Бюл. № 35

38) Патент RU 2254418. МПК E 02 F 5/8. Установка для прокалывания пилотной скважины / Никонов С.А. Патентообладатели: ТОВ НТЦ "Екопром". (росія) – Оpubл. 2005.06.20. Бюл. № 26

39) Патент UA 6195. Україна, МПК E02 F 5/18. Стенд для дослідження процесу викривлення свердловини / Баховець Б. О., Кованько В. В., Лелявський В. В., Семенюк М. О. (Україна). Оpubл. 29.12.1994. Бюл. № 8-1.

40) Бабич, Є. М. Механіка ґрунтів, основи та фундаменти: підручник для студ. вищих навч. закл., які навчаються за напрямом "Водні ресурси" / С. М. Бабич, Ю. О. Крусь. – Рівне: Видавництво РДТУ, 2001. – 367 с.

41) Гольдштейн, М. Н. Механические свойства грунтов. / М. Н. Гольдштейн. – М.: Стройиздат, 1971. – 368 с. 1979. – 304 с.

					ДПТ. 63 0000. 301. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		93

42) Державний Стандарт України. ДСТУ Б В.2.1-4-96 «Основи та підвалини будинків і споруд. Ґрунти. Методи лабораторного визначення характеристик міцності і деформованості» Затв. та введ в дію наказом від 01.11.1996 № 189/ Державний комітет України у справах містобудування і архітектури – Київ 1997: Мінрегіон, 1997. – 108 с

43) Державний Стандарт України. ДСТУ Б В.2.1-17:2009 «Основи та підвалини будинків і споруд. Ґрунти. Методи лабораторного визначення фізичних властивостей» Затв. та введ в дію наказом від 22.12.2009 № 662/ Державний комітет України у справах містобудування і архітектури – Київ 2010: Мінрегіон, 2010. – 27 с.

44) Державний Стандарт України. ДСТУ Б В.2.1-22:2009 «Ґрунти. Метод лабораторного визначення властивостей просідання» Затв. та введ в дію наказом від 2009-12-22 № 657/ Державний комітет України у справах містобудування і архітектури – Київ 2010: Мінрегіон, 2010. – 17 с

45) Зеленин, А. М. Лабораторный практикум по резанию грунтов [Текст]: Учебное пособие / А. М. Зеленин и др. – М.: «Высшая школа». 1969. – 376 с.

46) Киселев Е.Н. Некоторые закономерности статического внедрения клина в мерзлый грунт / Труды Уральского политехнического института. Вып. 128. – Свердловск: 1963.

47) Батуев Г. С., Голубков Ю.В., Ефремов А.В., Федосов А.А. Инженерные методы исследования ударных процессов. – М.: Машиностроение, 1977.

48) Ипатов Н.К. Исследование образования уплотненного грунтового ядра перед грунтопрокладывающим снарядом / Н.К. Ипатов, В.В. Чижов // Известия высших учебных заведений. - 1971. – №10. – С. 106 – 110.

49) Расчёт усилия прокола /Н.И. Прохоров [и др.]. // Известия ТулГУ. Сер. Геомеханика. Механика подземных сооружений, 2003. Вып.1. С. 228-233.

					ДІТ. 63 0000. 301. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		94

50) Ленченко В.В. Силовые параметры процесса внедрения головного снаряда при статическом проколе / Ленченко В.В., Меньшенина Е.А., Меньшенин С.Е. // МГГУ, Горный информационно-аналитический бюллетень. – М.: №11, 2011. –201 с.

51) Ленченко В.В. Выбор рациональных геометрических параметров головного снаряда при направленной проходке скважин/ Ленченко В.В., Меньшенина Е.А., Меньшенин С.Е. // МГГУ, Горный информационно-аналитический бюллетень. – М.: №11, 2011. –201 с.

52) Кравець, С. В. Визначення еквівалентного та оптимального діаметрів конічно-циліндричного наконечника з виступами для проколювання ґрунту / С. В. Кравець, О. П. Посмітюха, В. М. Супонев // Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. – 2017. – № 4. – С. 89–97. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vdnuzt_2017_4_12.

53) Кравець, С. В. Аналітичний спосіб визначення опору занурення конусного наконечника в ґрунт / С. В. Кравець, О. П. Посмітюха, В. Н. Супонев // Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Серия: Подъемно-транспортные, строительные и дорожные машины и оборудование. – 2017. – Вып. 97. – С. 91–98. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/smmpm_2017_97_14

54) НПАОП 0.00-1.59-87 Правила безпеки і безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском [Текст] / Наказ Держгіртехнагляд СРСР від 27.11.1987/

55) НПАОП 0.00-1.71-13 Правила безпечної роботи з інструментом і пристроями [Текст]: Наказ Міненергопром України від 19.12.2013 № 966. - Київ, 2013.

56) ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация

					ДІТ. 63 0000. 301. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		95

- 57) ДСТУ 2867-94 Шум. Методи оцінювання виробничого шумового навантаження. Загальні вимоги
- 58) ДСТУ ГОСТ 23941:2004 Шум машин. Методи визначення шумових характеристик. Загальні вимоги
- 59) ISO 16902-1:2003, ГОСТ ИСО 16902-1-2006 Шум машин. Технічний метод визначення рівнів звукової потужності насосів гідроприводів за інтенсивністю звуку
- 60) EN 352-4:2001 асоби індивідуального захисту органів слуху. Вимоги безпеки і випробування. Частина 4. Звукозалежні протишумові навушники
- 61) EN 28662-1:1992 Інструменти ручні переносні приводні. Вимірювання вібрації на рукоятці. Частина 1. Загальні положення
- 62) EN ISO 5349-1:2001 Вібрація механічна. Вимірювання та оцінювання впливу на людину локальної вібрації. Частина 1. Загальні вимоги
- 63) ДСТУ-Н Б В.2.1-32:2014 Настанова з проектування котлованів для улаштування фундаментів і заглиблених споруд
- 64) НПАОП 0.00-1.59-87 Правила безпеки і безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском [Текст] / Наказ Держгіртехнагляд СРСР від 27.11.1987/
- 65) НПАОП 0.00-6.23-92 Порядок проведення атестації робочих місць за умовами праці.
- 66) НПАОП 45.2-7.02-12. Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві.
- 67) Кодекс цивільного захисту України (КЦЗУ) 2018 м. Київ 2 жовтня 2012 року № 5403-VI <http://minagro.gov.ua/node/2998>
- 68) Міністерство Внутрішніх Справ України – Наказ. Про затвердження Правил пожежної безпеки в Україні: від 05 березня 2015 р. № 252/26697, поточна редакція від 22.01.2021, підстава - z0010-21. – Київ. 2015. – 53 с.

					ДПТ. 63 0000. 301. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		96

69) Міністерство надзвичайних ситуацій України – Наказ: Про затвердження Порядку спільних дій на випадок виникнення надзвичайних ситуацій та пожеж в організаціях, установах і закладах з цілодобовим перебуванням людей: від 31.07.2012 р. № 1061/468/587/865, поточна редакція від 31.07.2012 – Київ. 2012. – 5 с.

70) НАПБ А.01.001-2015 Правила пожежної безпеки в Україні, ДБН В.1.1-7-2002 „Пожежна безпека об’єктів будівництва”.

71) EN 3-7:2004+A1:2007 Вогнегасники переносні. Частина 7. Характеристики, вимоги до робочих параметрів і методи випробувань

72) ISO 11601:2017 Пожежогасіння. Вогнегасники пересувні. Експлуатаційні характеристики та конструкція

73) Analytical method of determining the movement resistance of a tip for forming rectangular technological hole in the lower structure tracks / O. Posmitiukha, K. Hlavatskyi, S. Kravets [et al.] // IOP Conference. Series: Materials Science and Engineering. – 2020. – Vol. 985 : 15th Intern. Sci. and Techn. Conf. "Problems of the railway transport mechanics" (PRTM 2020) 27–29 May 2020, Dnipro, Ukraine. – P. 1–7. – DOI: 10.1088/1757-899X/985/1/012033.

74) Determination of equivalent and optimal sizes of wedge tip from flange for the static perforation of soil [Electronic resource] / Posmituha O., Kravets S., Suponyev V., Glavatsky K. // MATEC Web of Conferences. – 2018. – Vol. 230 : 7th International Scientific Conference “Reliability and Durability of Railway Transport Engineering Structures and Buildings” (Transbud-2018), Kharkiv, Ukraine, November 14–16, 2018. – Access Mode: https://www.matec-conferences.org/articles/matecconf/pdf/2018/89/matecconf_transbud2018_01011.pdf (04.01.2019). – DOI:10.1051/matecconf/201823001011.

75) Гольдштейн, М. Н. Механические свойства грунтов. / М. Н. Гольдштейн. – М.: Стройиздат, 1971. – 368 с. 1979. – 304 с

					ДІТ. 63 0000. 301. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		97

76) Кравець, С. В. Наукові основи створення землерийно-ярусних машин і підземно рухомих пристроїв: Монографія / С. В. Кравець, В. В. Кованько, О. П. Лук'янчук. – Рівне: НУВГП, 2015. – 319 с

77) Державний будівельні норми України. ДБН А.3.2-2-2009. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення: затв. та введ в дію наказом від 30.12.2011 р. № 417 / Міністерство регіонального розвитку, будівництва України. – Київ: Укрархбудінформ, 2012. – 122 с.

					ДІТ. 63 0000. 301. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		98