

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Дніпровський національний університет
залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

Кафедра „Прикладна механіка та матеріалознавство”

«ДО ЗАХИСТУ»
Завідувач кафедри

(підпис) _____ (ПІБ)
2020 р. _____ «_____»

ДИПЛОМНА МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА
на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Галузь знань 13 «Механічна інженерія»
(шифр) (назва)

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»

Тема «Аналіз впливу форми та розмірів робочого органу на ґрунт та сусідні
комунікації»

Theme «Analysis of the influence of the shape and size of the working body on the soil and
adjacent communications»

ДІПТ. 63 000. 304. МРПЗ

Керівник дипломної роботи	<u>ст. викл.</u> (посада)	_____ (підпис)	<u>Посмітюха О. П.</u> (ПІБ)
---------------------------	------------------------------	-------------------	---------------------------------

Консультант розділу з ОП	<u>ст. викл.</u> (посада)	_____ (підпис)	<u>Лоза В. Г.</u> (ПІБ)
--------------------------	------------------------------	-------------------	----------------------------

Нормоконтролер	<u>ст. викл.</u> (посада)	_____ (підпис)	<u>Посмітюха О. П.</u> (ПІБ)
----------------	------------------------------	-------------------	---------------------------------

Студент групи	<u>ПМ1926</u>	_____ (підпис)	<u>Іванов О. В.</u> (ПІБ)
---------------	---------------	-------------------	------------------------------

Student	<u>Ivanov Oleksandr</u> (Family, name)		
---------	---	--	--

Дніпро
2020

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 ПМ1926 Іванов Олександр Васильович
(номер групи) (прізвище, ім'я та по батькові)

1. Тема магістерської роботи: «Аналіз впливу форми та розмірів робочого органу на ґрунт та ні комунікації»

Затверджена наказом по університету № 820ст від » 28 » жовтня 2019 р.

2. Термін подання студентом закінченої роботи 10. 12.2020 р.

3. Вихідні дані до магістерської роботи: тип ґрунту в якому проводяться дослід, 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 стану питання технології горизонтально-направленого буріння при прокладанні підземних комунікацій. 2 Патентний огляд та огляд досліджень. 3 Дослідження параметрів робочих органів проколюючих машин для проколювання отворів у ґрунті. 4 Аналіз впливу форми та розмірів робочого органу на ґрунт та сусідні комунікації. 5 Методи експериментальних досліджень. 6 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Висновок. Бібліографічний список.

5. Перелік креслень (демонстраційного матеріалу 1. Огляд варіантів безтраншейного прокладання підземних комунікацій – проколювання, продавлювання ґрунту. 2. Огляд варіантів безтраншейного прокладання підземних комунікацій – шнекове буріння, ГНБ буріння. 3. Огляд варіантів безтраншейного прокладання підземних комунікацій – розкатування ґрунту, пошарове ущільнення. 4. Патентний огляд. 5. Лабораторна установка та робочі органи. 6. Теоретичні викладки визначення сили проколювання різних РО на ґрунт. 7. Теоретичні викладки визначення сили впливу різних РО на ґрунт. 8. Рекомендації по охороні праці та діях працівників в надзвичайних ситуаціях. 9. Рекомендації по вибору форми та розміру робочого органу, та висновки по роботі.

					ДІП. 63 0000. 304. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2

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 горизонтально-направленого буріння при прокладанні підземних комунікацій	20.09-10.10.2020	виконано
	Огляд варіантів безтраншейного прокладання підземних комунікацій – проколювання, продавливання ґрунту		
	Огляд варіантів безтраншейного прокладання підземних комунікацій – шнекове буріння, ГНБ буріння.		
	Огляд варіантів безтраншейного прокладання підземних комунікацій – розкатування ґрунту, пошарове ущільнення		
2	Патентний огляд та огляд досліджень	11.10-30.10.2020	виконано
	Патентний огляд		
	Дослідження параметрів робочих органів проколюючих машин для проколювання отворів у ґрунті		
	Лабораторна установка та робочі органи.		
3	Аналіз впливу форми та розмірів робочого органу на ґрунт та сусідні комунікації	01.11-20.11.2020	виконано
	Методи експериментальних досліджень		
	Теоретичні викладки визначення сили проколювання різних РО на ґрунт.		
	Теоретичні викладки визначення сили впливу різних РО на ґрунт.		
4	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	1-16.12.2019	виконано
	Рекомендації по охороні праці та діях працівників в надзвичайних ситуаціях.		
	Рекомендації по вибору форми та розміру робочого органу, та висновки по роботі.		
	Вступ.		
	Висновки.		
	Бібліографічний список.		

7. Дата видачі завдання 10 січня 2020 року

Керівник завдання _____
(підпис)

Завдання прийняв до виконання _____
(підпис)

					ДІП. 63 0000. 304. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

РЕФЕРАТ

Кількість томів: _____ 1 _____

В пояснювальній записці всього 90 сторінок

Найменування роботи: Аналіз впливу форми та розмірів робочого органу на ґрунт та сусідні комунікації

Ілюстрації: схем _____, рисунків 38

графіків _____, фотографій _____

таблиць 11.

Ключові слова: ґрунт, прокол ґрунту, горизонтальне буріння, робочий орган, наконечник, клиновидний робочий орган, конічно-циліндричний робочий орган, тиск ґрунту, сусідні комунікації.

Текст реферату: В роботі проведено огляд варіантів отримання горизонтальних отворів у ґрунті для прокладання комунікацій, проведено патентний огляд варіантів проколювання отворів у ґрунті та їх розширення, приведена теорія визначення опору переміщення плоского робочого органу клиновидної форми та конічно-циліндричного робочого органу в залежності від нормованих характеристик ґрунту та його вологості, знайдена залежність впливу розміру наконечника від діаметра та кількості футлярів, що прокладаються одночасно. Наведено теорію визначення впливу форми та розмірів РО на сусідні комунікації та можливість їхнього сусідства. Проведено експериментальні дослідження на лабораторній установці кафедри прикладної механіки та матеріалознавства. Проведено аналіз небезпечних і шкідливих факторів при роботі проколюючої та лабораторних установок. Видані рекомендації щодо розмірів робочих органів.

					ДІП. 63 0000. 304. МРПЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 ОГЛЯД СТАНУ ПИТАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ГОРИЗНТАЛЬНО-НАПРАВЛЕНОГО БУРІННЯ ПРИ ПРОКЛАДАННІ ПІДЗЕМНИХ КОМУНІКАЦІЙ	9
1.1 Огляд існуючих методів розробки і засобів механізації прокладення підземних комунікацій в міських умовах	9
1.1.1 Статичний прокол	11
1.1.2 Динамічний прокол	13
1.1.3 Метод продавлювання труб	15
1.1.4 Перспективи розвитку безтраншейних технологій	16
1.2 Особливості прокладання комунікацій енергетики та зв'язку	17
1.3 Водопостачання зовнішні мережі та споруди.	20
2 ПАТЕНТНИЙ ОГЛЯД ТА ОГЛЯД ДОСЛІДЖЕНЬ	23
2.1 Огляд досліджень	23
2.2 Реверсивний підземнорухомий пристрій	24
2.3 Спосіб розширення горизонтальної свердловини	27
3 ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ПРОКОЛЮЮЧИХ МАШИН ДЛЯ ПРОКОЛЮВАННЯ ОТВОРІВ У ҐРУНТІ	30
3.1 Аналіз ефективності методів розробки та форми технологічних порожнин у ґрунті	30
3.2 Визначення коефіцієнта компресії ґрунту в умовах лабораторії	33
3.3 Підготовка до випробувань	33
3.3.1 Тарування компресійного приладу.	33
3.3.2 Проведення компресійних випробувань.	35

					ДПТ. 63 0000. 304. МРПЗ				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.		Іванов О. В.			Аналіз впливу форми та розмірів робочого органу на ґрунт та сусідні комунікації	Літ.	Арк.	Аркушів	
Перевір.		Посмітюха					5	90	
Реценз.						ДПТ. 63 0000. 304. МРПЗ, гр. ПМ1926			Арк.
Н. Коопр.		Посмітюха							5
Затверд.	Арк.	Ракітас О. В.	Підпис	Дата					

3.3.3 Обробка результатів випробувань.	37
3.4 Опис експерименту визначення коефіцієнта компресії ґрунту	39
3.5 Дослідження та обґрунтування параметрів плоских робочих органів ґрунтопроколюючих машин для утворення порожнин у ґрунті	40
4 АНАЛІЗ ВПЛИВУ ФОРМИ ТА РОЗМІРІВ РОБОЧОГО ОРГАНУ НА ҐРУНТ ТА СУСІДНІ КОМУНІКАЦІЇ	43
4.1 Зона руйнування ґрунту клиновим робочим органом	43
4.2 Зона руйнування ґрунту конічно-циліндричним робочим органом	49
4.3 Висновок до розділу	52
5 МЕТОДИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	55
5.1 Експериментальні дослідження	55
5.2 Схема стенду для дослідження проколів ґрунту	55
5.3 Опис стендового обладнання	59
5.4 Визначення розмірів досліджуваних робочих органів	60
5.5 Проведення експерименту	64
6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	71
6.1 Конструювання машин, механізмів та вузлів установки направленої проколу та їх робочих органів	71
6.2 Охорона навколишнього середовища	72
6.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях	73
6.4 Організація охорони праці на підприємстві (цеху, ділянці)	76
6.5 Ергономіка та технічна естетика	77
6.7 Виробничі шкідливості та метеорологічні умови	78
6.6 Електробезпека та блискавкозахист	79
ВИСНОВОК	83
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК	85

ВСТУП

Сьогодення вимагає збільшення швидкості, якості та зменшення вартості виконання робіт з прокладання підземних комунікацій у містах та селах України. Одним із варіантів цього є безтраншейні технології, що дають змогу пришвидшити виконання робіт та зменшити їх вартість за рахунок меншої кількості земляних робіт та кількості робітників задіяних на таких роботах. Окрім цього зменшення відновлюваних робіт та відсутність перекриття вулиць й незручностей мешканцям навколишніх будинків також є фактором в підтримку безтраншейних технологій.

Традиційно для цього використовують керовані або некеровані проколи, шнекове буріння, горизонтально направлене буріння, промивання водою, тощо.

Окрім вартості та швидкості істотно впливає на вибір методу і територія де проходить будівництво, наприклад під водоймами не можливо використати інший метод, що відмінний від безтраншейного.

Проведення робіт особливо ускладнене в центральній, тобто в більш щільно забудованій частині міста. Основними комунікаціями при цьому є розподільні мережі, які забезпечують постачання води, тепла і газу в будинки, а також стічні колектори та кабельні мережі різного призначення. Їх прокладання під дорогами здійснюється, як правило, в захисних футлярах: сталевих, азбестоцементних або полімерних трубах, діаметр яких сягає 100–500 мм, а довжина 20–25 м.

Суттєвим недоліком існуючих ґрунтопроколюючих установок статичної дії є форма отвору та вплив на навколишні об'єкти, що знаходяться навколо або поблизу свердловини. Значні порожнини, що не заповнені ні ґрунтом ні об'єктом, що прокладається, та відхилення від проектної траєкторії, суттєво звужує використання даної технології в межах довжини ділянки проколу до 20 – 30м.

					ДІП. 63 0000. 304. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

Тому основним питанням, яке розглянуте в роботі є вибір параметрів робочих органів для отримання технологічних порожнин при прокладанні підземних комунікацій

					ДІТ. 63 0000. 304. МРПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ОГЛЯД СТАНУ ПИТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ГОРИЗНТАЛЬНО-НАПРАВЛЕНОГО БУРІННЯ ПРИ ПРОКЛАДАННІ ПІДЗЕМНИХ КОМУНІКАЦІЙ

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

Нині будівництво і ремонт підземних комунікацій, особливо по території міст, важко собі уявити без застосування сучасних технологій і відповідної техніки. Існуючі траншейні і безтраншейні способи прокладення інженерних мереж, дозволяють ефективно і в найкоротші терміни прокладати комунікації різного призначення, як в складних міських умовах при щільній забудові і нашаруванні підземних споруд, так і за його межами.

Останнім часом, традиційний траншейний спосіб, застосовують, в основному, для будівництва магістральних трубопроводів і їх ремонту [24, 25, 26, 27, 28]. При цьому виконують наступний цикл технологічних операцій: видалення родючого шару ґрунту по усій довжині траси (або зняття дорожнього покриття), розкопування траншеї, облаштування основи, на яке потім укладають трубопровід або кабель, засипка траншеї, ущільнення ґрунту, відновлення родючого шару ґрунту або дорожнього покриття [29].

Великі об'єми земляних робіт і трудомісткі супутні операції створюють значні утруднення по використанню траншейного способу при прокладенні інженерних комунікацій в обмежених умовах щільної забудови міст, і застосовується нині тільки при аварійних ситуаціях.

У ряді економічно розвинених країн на законодавчому рівні заборонено використання відкритого (траншейного) способу прокладення комунікацій в міських умовах. Подібного роду заборона на розкопування траншей і котлованів при реконструкції або ремонті підземних комунікацій діє і у ряді великих міст України, таких як Одеса, Київ, Дніпро, що дає істотний поштовх для розвитку і застосування безтраншейних технологій в Україні.

					ДІПТ. 63 0000. 304. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

Безтраншейні технології розробки свердловин дозволяють зменшити об'єми земляних робіт і істотно скоротити терміни та вартість робіт. В порівнянні з траншейною технологією вони мають наступні переваги [30, 31]:

- знижується трудомісткість і вартість будівництва переходів через діючі автомобільні дороги, залізничні і трамвайні колії, канали, річки, аеродромні споруди і інші перешкоди;
- скорочується порушення ритму нормального дорожнього руху, судноплавства по річках, роботи морських портів й аеропортів;
- мінімізується збиток довкіллю;
- виключається необхідність проведення дренажних робіт в зонах з великою вологістю або високим рівнем ґрунтових вод;
- зменшується або повністю виключається вивезення розробленого ґрунту;
- зменшуються об'єми відновних і рекультиваційних робіт (при траншейному методі займана площа території під будівництво в десятки разів більше, ніж при безтраншейних методах);
- значно скорочуються терміни будівництва;
- забезпечуються безпечніші умови для роботи будівельників і випадкових перехожих.

Одним з головних критеріїв ефективного застосування безтраншейних технологій є умова розробки ґрунту з його витяганням із свердловини. Виходячи із сказаного, усі існуючі безтраншейні технології можна розділити на три великі групи: розробка свердловини шляхом вдавлювання ґрунту в її стінки; розробка свердловини з витяганням ґрунту; і комбінований метод розробки свердловини (рис. 1.1)

Враховуючи, що ці технології призначені для вирішення цільових завдань пов'язаних з виконанням зосереджених робіт по прокладенню комунікацій під перешкодами і представляють великий інтерес для застосування в міських умовах - розглянемо детальніше принципи роботи кожного з даних методів і проведемо аналіз існуючих засобів механізації для їх реалізації.

					ДІПТ. 63 0000. 304. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10



Рис. 1.1. Класифікація безтраншейних технологій прокладки підземних комунікацій

1.1.1 Статичний прокол

При проколі свердловина формується шляхом радіального ущільнення ґрунту в її стінки. За цим принципом дії робочого органу на ґрунт можна виділити наступні методи: статичний прокол за допомогою гідродомкратів, динамічний прокол пневмопробійниками, і метод розкочування.

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.

Технологія робіт полягає в наступному. Спочатку відриваються два прямка необхідних розмірів - стартовий і приймальний. У стартовому прямку вста-

новлюється проколююча установка. Повторно - поступальними рухами гідроциліндрів проколююча голівка разом з нарощуваною складеною штангою впроваджується в ґрунтовий масив у напрямку до приймального напрямку (рис. 1.2) [32]. У приймальному котловані відбувається заміна проколюючої 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 [33].

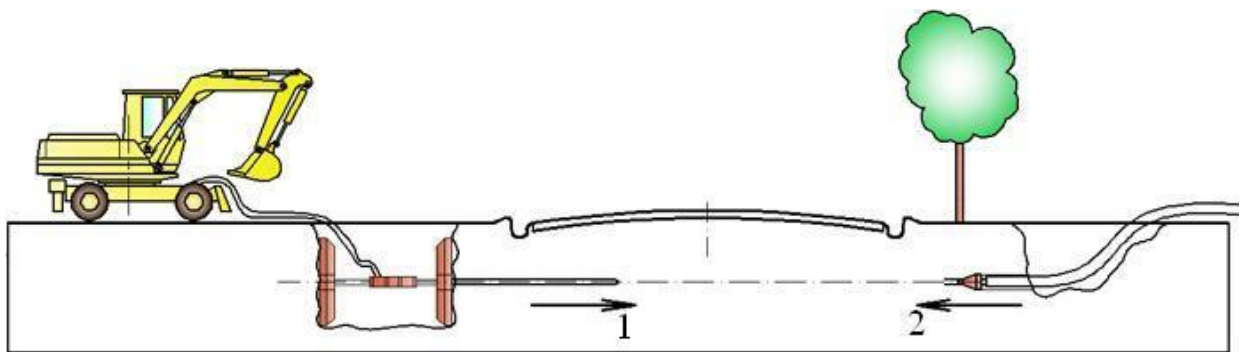


Рис. 1.2. Прокол та розширення свердловини:
1 – прокол ґрунту; 2 – розширення свердловини конусом

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.

1.1.2 Динамічний прокол

Метод динамічного прокол ґрунту пневмобієниками являється од-нім з найбільш універсальних і часто вживаних методів при прокладенні підземних комунікацій малих діаметрів (до 300 мм) на невеликі відстані до 40 м (рис. 1.3) [34, 35].

Пневмобієники - це саморушні пневматичні машини ударної дії, робочим органом яких є корпус, що утворює свердловину, а джерелом енергії служить стисле повітря. Під його дією розташований усередині корпусу ударник здійснює удари по передньому торцю, примушуючи його рухатися все далі углиб ґрунтового масиву (рис. 1.4 а). Потім в отриману порожнину затягують комунікацію.

Істотним недоліком цього методу є неконтрольований рух пневмобієника. При роботі в неоднорідних ґрунтах це може привести до ушкодження до-воколишніх комунікацій і навіть до втрати пневмобієника. Останнє зумовило появу пневмобієників, що траверсуються, що забезпечує їх повернення зі свердловини, а також інтенсивно ведуться роботи із створення пневмобієників з автоматичною стабілізацією курсу [5, 24].

Створені також і гідробієники [48], але через складності відведення гі-дравлічної рідини вони широкого застосування не придбали.

Основне технологічне призначення пневмобієників - проходка горизон-тальних, вертикальних і похилих свердловин в ущільнюваних ґрунтах. Додат-кове призначення - забивання в ґрунт сталевих труб і стержнів різного призна-чення.



Рис. 1.3. Загальний вид пневмобієника

Також пневмопробійники застосовують для забивання сталевих труб, як із закритим (прокол), так і відкритим (продавлюванням) забійним торцем. При забиванні труб із закритим торцем на забійну частину труби наварюється конус, що перешкоджає попаданню ґрунту в порожнину труби і не вимагає його витягання, а з протилежного кінця труби прикріплюють пневмопробійник (рис. 1.4 б) [35, 37]. При виході конусного наконечника в приймальному напрямку його демонтують.

Нині випускаються пробійники для облаштування свердловин діаметром від 45 до 350 мм з частотою ударів від 220 до 570 ударів в хвилину, робочим тиском повітря в системі 0,6-0,8 МПа. Довжина розробленої свердловини в окремих випадках може досягати 100 м. Провідними світовими компаніями по виробництву пневмопробійників є: Vermeer, Hammerhead, Одеський завод будівельно-обробних машин "СОМ"

б)



а)



Рис. 1.4. Використання пневмопробійника при прокладенні підземних комунікацій: а – створення пілотної свердловини; б – забивання труб

1.1.3 Метод продавливання труб

Метод продавливання 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 [37].

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 ходою штоків гідроциліндрів секція душиться в ґрунт (рис. 1.6, а) [38]. Нарощування труби здійснюється поетапно шляхом подання секцій у міру їх вдавливання в ґрунт (рис. 1.6, 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.

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. 1.6 а) [39].

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 посилених напірних стінок.

а)



б)



Рис.1.6. Схема продавлювання секцій труби в ґрунт: а) – душіння секції труби в ґрунт; б) – установка наступної ланки труби; 1 – силова установка; 2 – упорна стінка; 3 – ланка труби, що прокладається; 4 – наступна ланка

1.1.4 Перспективи розвитку безтраншейних технологій

Останнім часом активно ведуться роботи із створення технологій і механізмів для комбінації розглянутих вище методів. Метою, яких являються розширення функціональних можливостей тій або іншій установці шляхом об'єднання переваг кожного з комбінованих методів.

Так, наприклад, з метою розширення сфери можливого використання ГНБ методу та здешевлення процесу фірма МСК «Синергія» м. Дніпро поєднує гори-

					ДПТ. 63 0000. 304. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

зонтально направлене буріння з статичним проколюванням ґрунту з або без попереднього замочування масиву бентонітовим розчином, що дає змогу збільшити темпи виконання робіт та зниження витрат.

Сучасні компактні буро-шнекові установки, які використовуються при будівництві розподільних мереж, також працюють по принципу комбінації двох методів - проколу і горизонтального буріння [39]. Як правило, такі установки забезпечені системою локації для відстежування місця розташування і керування прокольною голівки.

Відомі способи комбінацій на основі горизонтального буріння з розкаткою свердловини [40]. Залежно від ґрунтових умов, діаметру і довжини свердловини, а також наявності поблизу прокладених комунікацій, вибирається послідовність розробки свердловини. Якщо діаметр і довжина свердловини невеликих 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.

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.

1.2 Особливості прокладання комунікацій енергетики та зв'язку

Прокладання електричного кабелю та захисних елементів в ґрунті. Глибина прокладання кабелю. Пучки одножильних кабелів повинні прокладатися в землі на глибинах згідно вимог [21, 28], вказаних в ПУЕ та п.3.1.2. норми РН-76/Е-05125, тобто на глибинах в залежності від типу ґрунту, але не менше ніж на глибині 0,7 м.

					ДІП. 63 0000. 304. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

Використання додаткового прошарку піску. У траншеях викопаних в мінеральних, дрібнозернистих, сипучих (наприклад, в пісках, глинистих пісках і супісках) ґрунтах кабель і захисні елементи (труби) необхідно укласти безпосередньо на дні траншеї і засипати місцевим, «рідним» ґрунтом. У траншеях викопаних у відмінному від вищезгаданого ґрунті, кабель і захисні труби необхідно укласти на дні траншеї на додатковому прошарку піску завтовшки мінімум 100 мм, а зверху засипати кабель спочатку шаром піску завтовшки мінімум 10см (від верхньої частини кабелю), а потім вже «рідним» ґрунтом. Пісок для підсипання може бути будівельним, річковим або глинистим. Краще всього використовувати глинистий пісок.

Монтаж труб на переходах. Довжина і тип переходу. Довжина однотрубного переходу (проколу) в землі не повинна перевищувати 30 м. Перехід повинен бути прямим по всій своїй довжині. Не допускається виконання поворотів на переходах, а особливо виконувати вигинання кінців кабелю на переходах. В окремих скрутних умовах допускається виконання переходів із захисних труб, згідно п. 2.2.3, завдовжки 40 м діаметром 232 мм.

Глибина та спосіб прокладання захисних елементів. Глибина і спосіб прокладання захисних елементів, вказаних в п. 2.2.3, що утворюють кабельні проходи, повинні відповідати вимогам п. 3.2.2 і 3.2.3 норми PN-76/E-05125 та ПУЕ. Відстань між сусідніми захисними елементами, а також між їх бічними поверхнями і стінками траншеї, повинна бути не менше 5см. Довжини захисних труб в місцях перетину кабелю з іншими підземними комунікаціями повинна дорівнювати ширині траншеї плюс мінімум 0,5м з обох боків траншеї.

Використання існуючих переходів (проколів). У разі реконструкції кабельної лінії допускається використання існуючих переходів (труб пластикових, сталевих) за умови, що дані переходи виконані на глибині і відповідно до вимог згідно ПУЕ та п. 3.2.2 норми PN-76-05125, а внутрішні діаметри становлять не менше від вказаних в п.2.2.6 даного Керівництва.

					ДІП. 63 0000. 304. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

Вибір траси для будівництва кабельних ліній зв'язку. Переходи через автомобільні дороги та колії залізниць. Траси кабельних ліній зв'язку мають розміщуватись уздовж автодоріг, по змозі в межах смуги відводу, на землях несільськогосподарського призначення або сільськогосподарських угіддях, на землях лісового фонду з максимальним використанням наявних просік за узгодженням із власниками земель. У виборі траси необхідно дотримуватись вимог земельного законодавства України [21, 28].

Кабельні переходи через природні та штучні перешкоди.

Під час вибору місця спорудження кабельного переходу через залізничні колії, автодороги, трамвайні колії та наземні лінії метрополітену необхідно дотримуватися таких вимог:

- - протяжність кабельного переходу має бути мінімальною. При цьому необхідно враховувати можливість реконструкції споруд, які перетинаються;
- - кут перетинання має бути $90^\circ \pm 10^\circ$;
- - кабельні переходи необхідно розміщувати на прямолінійних ділянках доріг, у місцях із мінімальною кількістю залізничних колій.

У разі перетину колій неелектрифікованих залізниць та автодоріг, а також проїжджої частини вулиць кабелі необхідно прокладати в поліетиленових, металевих, і, як виняток, в азбестоцементних трубах, з урахуванням 4.9 дотримуючись таких вимог:

- відстані у плані від кінців трубопроводу або центра колодязя, коли він улаштовується на кінці трубопроводу, повинні бути не менш як:

а) у разі перетину колій залізниць:

- 5 м до підшви укосу насипу;
- 3м до брівки укосу виїмки;
- 3м до крайньої водовідвідної споруди земляного полотна (кювету, нагірної канами, резерву);

б) у разі перетину автомобільної дороги:

- 2 м до підшви насипу або польової брівки кювету.

					ДІП. 63 0000. 304. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

На перетині з електрифікованими залізницями і трамвайними коліями, а також автодорогами, що мають контактну мережу міського електротранспорту, кабелі мають прокладатися в поліетиленових трубах. Труби необхідно укладати на всю довжину перетину з обладнанням виходу їх по обидва боки від підосви насипу або польової брівки кювету на довжину не менше ніж 10 м, з установленням колодязів по кінцях труб.

Мінімальні відстані по горизонталі від осі переходу мають бути такі:

- 10 м до стрілок і хрестовин залізничних і трамвайних колій і місць приєднання відсмоктувальних (дренажних) кабелів до колій рейкового транспорту;
- 5 м у населеному пункті, 20 м на позаміській місцевості до фундаменту найближчої опори контактної мережі;
- 20 м до переїздів.

Кількість труб, що прокладаються, та їхній діаметр визначаються проектом з огляду на норми завантаження каналів кабелями зв'язку різного призначення; при цьому на кожні 3 труби, заповнені кабелями, додається одна резервна труба.

Переходи через автомобільні дороги та залізничні колії необхідно виконувати безтраншейним способом.

На кабельних переходах через автомобільні дороги та залізничні колії, де за умовами місцевості і вимогами експлуатаційних підприємств неможливе використання зазначених раніше механізмів, необхідно застосовувати безтраншейний спосіб прокладання з використанням УГНБ.

1.3 Водопостачання зовнішні мережі та споруди.

Підземне прокладання каналізаційних мереж можна проектувати траншейним та безтраншейним методами із застосуванням проколу, мікротунелювання, горизонтального направленої буріння (за умови дотримання прийнятих у проекті напрямку та уклону каналізаційних мереж). Безтраншейне прокладання рекомендується застосовувати при будівництві каналізаційних трубопроводів під

					ДІП. 63 0000. 304. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

транспортними комунікаціями, ріками, іншими перешкодами, при санації з амортизованих трубопроводів [10, 11, 14].

Прокол використовується як самостійна технологія або як перша стадія технології горизонтального буріння. При горизонтальному направленому бурінні діаметр горизонтальної свердловини, в яку затягується каналізаційний трубопровід з поліетиленових або сталевих труб, повинен перевищувати на 15-30 % діаметр цього трубопроводу. Для забезпечення відсутності просідання ґрунту та зміщення трубопроводу після укладання затрубний простір заповнюється бентонітовою сумішшю.

При перетині водопровідних мереж з іншими мережами та спорудами відстані по вертикалі (у просвіті) слід приймати не менше ніж:

- між трубопроводами та автомобільними дорогами, залізничними або трамвайними коліями відстань між верхом трубопроводу (або захисного футляра, каналу, тунелю) та верхом дорожнього покриття або підшовою рейок -1,0 м (трубопровід або футляр треба розрахувати на міцність) при траншейному способі прокладання (відкритому методі будівництва);

- 1,5м- при виконанні робіт методами продавлювання, горизонтального буріння або щитового проходження;

- 2,5 м – при проколюванні, до дна кювету або інших водовідвідних споруд або підшви насипу залізничного земляного полотна -1,0 м (згідно з ДБН В.2.3-19);

- між трубопроводами і силовими кабелями напругою до 35 кВ - 0,5 м допускається зменшувати цю відстань до 0,15 м за умови прокладання кабелю у трубах на ділянці перетину не менше ніж плюс 2 м у кожен бік (згідно з ПУЕ [12]);

- між трубопроводами і силовими кабелями напругою 110 кВ - 330 кВ - 1 м (згідно з ПУЕ [12]);

					ДІП. 63 0000. 304. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

- в умовах щільної забудови відстань між кабелями всіх напруг і трубопроводами допускається зменшувати до 0,5 м за умови розміщення кабелів у трубах або залізобетонних лотках з кришкою (згідно з ПУЕ [12]);
- між трубопроводами і кабелями зв'язку - 0,25 м; допускається зменшувати цю відстань до 0,15 м за умови прокладання кабелю у трубах (згідно з [21]);
- між трубопроводами різного призначення (крім каналізаційних та технологічних трубопроводів з рідинами з неприємним запахом або отруйними) - 0,2 м (згідно з ДБН 360 та СНиП II-89);
- між трубопроводами, що транспортують воду питної якості, та трубопроводами дощової каналізації - 0,2 м (згідно з ДБН 360 та СНиП II-89);
- при перетині зі спорудами метрополітену - згідно з ДБН 360.

Перетини водоводів канального прокладання теплових мереж (над ними) слід закладати у футляр завдовжки 3 м з обох сторін від краю будівельної конструкції каналу. На футлярах необхідно виконувати захисне покриття від корозії. При перетині безканальних преізольованих теплових мереж футляри допускається не влаштовувати.

Спосіб безтраншейного прокладання трубопроводу слід приймати в залежності від його діаметра та довжини прокладання, геологічних, гідрогеологічних умов та фізико-механічних властивостей ґрунтів, а також умов виконання будівельно-монтажних робіт і наявності відповідної техніки.

					ДІПТ. 63 0000. 304. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

2 ПАТЕНТНИЙ ОГЛЯД ТА ОГЛЯД ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Огляд досліджень

Для повного розуміння процесів проколу ґрунту необхідно мати уявлення про базові положення про механіку ґрунтів і теорій його різання.

Існує часткова аналогія між процесами різання ґрунту і динамічним впровадженням клиновидного робочого органу, яка підтверджується утворенням тіл ковзання [41]. При впровадженні в ґрунт перед робочим органом утворюється стабільне ущільнене ядро (тіло підвищеної міцності і щільності). Хоча середня щільність ядра приблизно дорівнює щільності ґрунту при гідростатичному зважуванні, розподіл її по висоті нерівномірний, про що свідчать різні швидкості поширення пружної поздовжньої хвилі при ультразвуковому дослідженні ядра [42]. Робота, що витрачається на створення ущільненого ядра, пропорційна його об'єму [43]. Ущільнене ядро утворюється як на поверхні клину, зверненої до відкритої стороні забою, так і на протилежній поверхні. Відмінність полягає в тому, що при першому ударі ґрунт має найбільший опір впровадженню клину, при подальших ударах – опір знижується, особливо інтенсивною при малому видаленні клину від забою [41, 44, 45].

Вивченню процесу утворення ущільненого ядра під різними штампами присвячена робота [44]. 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 підшвою штампа, а й на бічних його поверхнях. Відомо [41, 40], 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

					ДІП. 63 0000. 304. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

прикладом є результати лабораторних досліджень відхилень проколюючи робочих органів при зустрічі їх з деяким міцним середовищем, перешкодою, яка могла розташовуватися під різними кутами [46, 47].

2.2 Реверсивний підземнорухомий пристрій

Патент 42104, авторів Древецького В. В., Кованько В. В., Кованько О.В.

Реверсивний підземнорухомий пристрій [48], який складається з пустотілого корпусу і зв'язаного з ним робочого органу у вигляді конічної передньої частини і хвостової розпірної частини, виконаної у вигляді герметично охопленого еластичною оболонкою пустотілого перфорованого циліндра, системи живлення стиснутим середовищем з каналами і лінією, яка з'єднується з хвостовою розпірною частиною і порожниною корпусу, циліндричної розпірної частини та штока з каналами і жорстко закріпленими на його боковій поверхні між каналами поршнями з обмежуючими виступами, причому корпус виконано з обмежувачами і перемичками, закріпленими в його порожнині з утворенням секцій для розташування відповідних поршнів, система живлення стисненим середовищем виконана з додатковою лінією, а циліндрична розпірна частина розташована на штокові між корпусом і конічною передньою частиною й з'єднана з додатковою лінією живлення за допомогою відповідних каналів у штокові, при цьому додаткова лінія живлення з'єднана з порожниною корпусу в кожній із секцій зі сторони конічної передньої частини від поршня, а основна лінія живлення з'єднана з порожниною корпусу також кожної із секцій зі сторони хвостової розпірної частини від поршня за допомогою каналів у штокові, який відрізняється тим, що у штокові утворені додаткові канали, які з'єднують основну і додаткову лінії живлення з порожнинами корпусу в кожній із секцій з обох сторін поршня, причому в канали встановлено керовані по лінії зв'язку клапани, і ті з них, які знаходяться в каналах, під'єднаних до основної лінії живлення зліва від поршня, є нормально відкритими, а справа - є нормально закритими, ті з них, які знаходяться в каналах,

					ДІП. 63 0000. 304. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

під'єднаних до додаткової лінії живлення справа від поршня, є нормально відкритими, а зліва - нормально закритими.

Задачею пристрою є забезпечення можливості реверсивного переміщення у ґрунтовому просторі та підвищення рівня керованості рухом.

Пристрій складається (рис. 2.1.) з носової частини 1, загостреної на конус 2, передньої фіксуючої гідропневматичної камери 3, лінійного гідропневмодвигуна 4, хвостової частини 5, задньої гідропневматичної камери 6, циліндричної гільзи 7, хвостовика 8 з патрубками 9 і 10, основної 11 і допоміжної 12 лінії живлення з радіальними каналами 13, які оснащено електромагнітними клапанами 14, що знаходяться у нормально закритому положенні та радіальними каналами 15, оснащеними електромагнітними клапанами 16, які знаходяться у нормально відкритому положенні (причому, при підведенні живлення до котушок даних електромагнітних клапанів нормально закриті відкриваються, а нормально відкриті відповідно закриваються), штока 17, в якому знаходяться зазначені лінії живлення і на якому закріплено поршні 18, кількість яких відповідає кількості силових модулів 19.

Принцип роботи реверсивного підземнорухомого пристрою полягає у наступному.

При надходженні енергоносія по патрубку 9, оскільки радіальні канали 15 є відкритими, а канали 13 закритими, то під дією останнього збільшиться в об'ємі еластична оболонка задньої фіксуючої камери 6 до впирання у стінку попередньо утвореної ґрунтової порожнини, в результаті чого корпус підземно рухомого пристрою зафіксується. Одночасно з цим, енергоносієм тиснутиме на ліву площину поршнів 18, в результаті чого носова частина 1, долаючи опір ґрунту, переміститься вперед на відрізок шляху, що дорівнює ходу поршня. При надходженні енергоносія по патрубку 10 збільшиться в об'ємі еластична оболонка передньої фіксуючої камери (задня, при цьому, зменшиться в об'ємі до попереднього розміру). В результаті цього зафіксується носова частина 1, одночасно з цим енергоносієм діятиме вже на праву площину поршнів 18, які разом із штоком

					ДІП. 63 0000. 304. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

утримуються передньою фіксуючою камерою, та на дно кожного із силових модулів 19. Це призведе до того, що корпус пристрою підтягнеться до зафіксованої носової частини. В результаті цього даний пристрій переміститься вперед на відрізок, названий "кроком", а періодична зміна кроків зумовить його дискретний рух вперед. У разі необхідності, можна подати команду на зворотне переміщення підземнорухомого пристрою шляхом підведення живлення до котушок електромагнітних клапанів. У цьому випадку електромагнітні клапани 14 переходять у відкрите положення, а електромагнітні клапани 16 відповідно у закриті положення. Тоді при надходженні енергоносія по патрубку 10 збільшиться в об'ємі еластична оболонка передньої фіксуючої камери 3, створюючи розпір, і енергоносії тепер діятиме з протилежної сторони поршнів 18 і основи силових модулів 19. Це призведе до того, що корпус переміститься назад відносно фіксованої носової частини. При надходженні ж енергоносія по патрубку 9 збільшиться в об'ємі еластична оболонка задньої фіксуючої камери, а еластична оболонка передньої фіксуючої камери зменшиться в об'ємі до попередніх розмірів і до зафіксованої хвостової частини, аналогічно попередньому підтягнеться носова частина, виконається "крок" назад. Періодична зміна даних "кроків" зумовить дискретне переміщення назад.

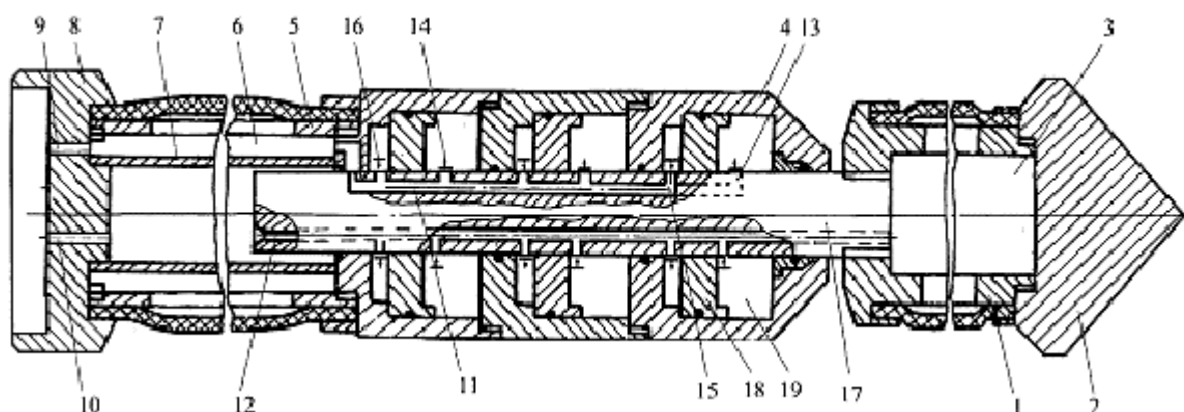


Рис. 2.1. Підземнорухомий пристрій

Отже, у такого підземнорухомого пристрою значно зростає маневреність, і він, на відміну від відомих пристроїв, може не тільки проникати у ґрунтовий

простір і переміщуватись у ньому вперед, а й самостійно, при надходженні командного сигналу, автоматично здійснювати переміщення у зворотному напрямку і повертатися до місця свого старту. Пристрій має багатоцільове призначення і може бути застосований для створення різних порожнин у ґрунті, укладання у підземний горизонт лінійно-протяжних об'єктів, а також як засіб транспортування і доставки у задану точку підземного простору різних матеріально-технічних засобів.

2.3 Спосіб розширення горизонтальної свердловини

Патент UA 72790 [49], авторів Олексин В.І., Супонєв В. М., Каолін М. Д. Руднєв В. К.

Спосіб розширення горизонтальної свердловини включає утворення піонерної свердловини по проектній осі комунікації [49]. Здійснюють розширення піонерної свердловини протягуванням розширювача. Потім до складеної штанги приєднують і протягують кільцевий ніж. Далі зрізаний ґрунт надходить в сітчастий рукав. Накопичений ґрунт разом з сітчастим рукавом витягується із свердловини рис. 2.2.

Задачею запропонованого способу є підвищення ефективності, надійності і продуктивності способу розширення горизонтальних свердловин, в якому шляхом введення нових і особливостей виконання вже існуючих рішень забезпечується спрощення конструкції виконавчих механізмів і пристроїв.

Поставлена задача вирішується тим, що в способі розширення горизонтальної свердловини, що включає утворення піонерної свердловини по проектній осі комунікації, яка прокладається, між стартовим і приймальним прямками і одночасну прокладку в ній штанги, яку з'єднують з робочим органом, подальше розширення піонерної свердловини до проектного діаметра руйнуванням ґрунту за допомогою робочого органу і транспортування продуктів руйнування, відповідно до технічного рішення, спочатку розширення піонерної свердловини здійснюють протягуванням розширювача, потім до складеної штанги приєднують і

протягують кільцевий ніж, який розширює діаметр свердловини зрізанням ґрунтової стружки певної товщини з ущільнених стінок свердловини, далі зрізаний ґрунт надходить в сітчастий рукав, прикріплений до кільцевого ножа з тильного боку, накопичується у ньому і разом з сітчастим рукавом витягується зі свердловини.

Початкове розширення піонерної свердловини розширювачем виконують з урахуванням безпечного діаметра ущільненої зони навколо свердловини, тобто в ущільнену зону не повинні потрапити сусідні комунікації та основа асфальтобетонного покриття дороги або тротуару, що дозволяє зменшити об'єм ґрунту, вилученого із свердловини і підвищити ефективність процесу. Поетапне протягування кільцевих ножів дозволяє збільшити діаметр свердловини до проектного розміру без ущільнення ґрунту в стінки свердловини. Надходження зрізаного ґрунту в сітчастий рукав, прикріплений з тильного боку кільцевого ножа, дозволяє збільшити продуктивність процесу. Виконання рукава сітчастим виключає закупорювання його прохідного перетину, тим самим підвищує надійність процесу очищення свердловини. Для збереження компактних розмірів сітчастий рукав виконаний із окремих секцій, які з'єднуються між собою у пліть, а для використання рукава з кільцевими ножами різного діаметра передбачена можливість регулювання його прохідного перетину.

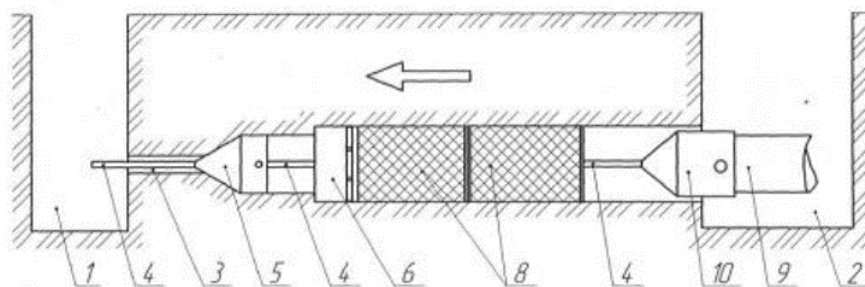


Рис. 2.2. Пристрій для реалізації способу

Спосіб розширення горизонтальної свердловини реалізують таким чином.

По проектній осі комунікації, що прокладається, між стартовим (у найближчому аналозі - це робочий котлован) 1 і приймальним 2 прямками утворюють

піонерну свердловину 3. Піонерна свердловина 3 може бути створена, наприклад установкою для проколу ґрунту і розширення горизонтальних свердловин. Після того, як піонерна свердловина 3 утворена, до складеної штанги 4, яка виступає із стінки приймального прямокутника 2, приєднується розширювач 5 і по напрямку стрілки, показаної на фігурі 1, зтягується в свердловину. Після зтягування розширювача 5 в свердловину 3 на 2-3 м за ним до складеної штанги 4, яку продовжують нарощувати після розширювача 5, приєднують кільцевий ніж 6. Розширюючи свердловину, створену проходом розширювача 5, кільцевий ніж 6 (рис. 2.3.) зрізує ущільнені стінки свердловини. Зрізаний ґрунт 7 надходить в сітчастий рукав 8, в якому ґрунт накопичується і вилучається з свердловини разом із сітчастим рукавом 8. Потім до складеної штанги 4, яка нарощується до тильної сторони кільцевого ножа 6 і проходить крізь сітчастий рукав 8, приєднується труба 9 за допомогою розширювача 10. Розширювач 10 не виконує розширення свердловини, а служить як спрямовувач для труби 9 і не допускає попадання ґрунту всередину труби 9.

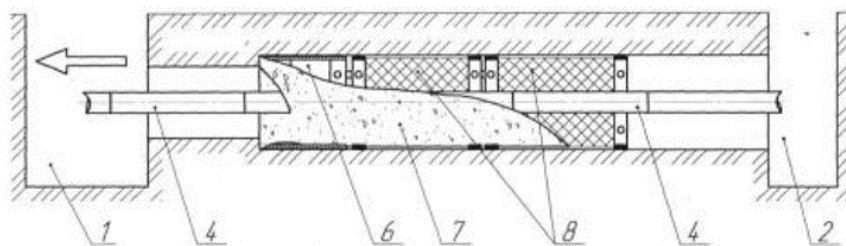


Рис. 2.3. Схема розширення горизонтальної свердловини кільцевим ножом

Запропонований спосіб не потребує великих зусиль для розширення свердловин до необхідних розмірів, а також спеціальних пристроїв для його реалізації, що робить його більш ефективним і універсальним. Простота конструкції робочого органу підвищує його надійність. Можливість виконання одночасно декількох операцій, таких як розширення піонерної свердловини розширювачем, подальше розширення свердловини кільцевим ножом, підбирання і транспортування ґрунту сітчастим рукавом та зтягування трубопроводу дозволяє підвищити продуктивність способу.

3 ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ПРОКОЛЮЮЧИХ МАШИН ДЛЯ ПРОКОЛЮВАННЯ ОТВОРІВ У ҐРУНТІ

3.1 Аналіз ефективності методів розробки та форми технологічних порожнин у ґрунті

Для оцінки ефективності даних безтраншейних технологій прокладення інженерних комунікацій стосовно виявлених вище умов необхідно встановити загальні для усіх критерії.

Пропонується зіставити дані методи за наступними критеріями: за технічними і технологічними показниками, за якістю отримуваної свердловини, по економічній ефективності і узагальненим показникам [50].

За технічними і технологічними показниками оцінюються: габаритні розміри машин, їх вага, маневреність, необхідна площа відведення землі під будівництво, об'єм ґрунту, що вивозиться, видаленого зі свердловини і технологічних приямків.

Якщо розглядати методи відносно вимог пред'являються до розподільних інженерних мереж (підрозділ 1.2), то можна зробити висновок, що кожен з даних методів дозволяє вирішити поставлене завдання в тій чи іншій мірі. Але якщо задатися конкретною умовою розробки свердловини, наприклад необхідний діаметр свердловини $D = 250$ мм, та її довжина $L = 15$ м, що є одним з випадків, що найчастіше зустрічаються, то виявиться, що для свердловин з такими параметрами відразу відпадає розгляд методу горизонтально спрямованого буріння (ГНБ).

По умові видалення ґрунту, що розробляється, кращими можна вважати методи, представлені в групі втискування ґрунту в стінки свердловини. Установки, якими реалізуються згадані методи, вигідно відрізняються від інших за такими параметрами як розміри технологічних приямків, надійність, маса, простота в управлінні і обслуговуванні.

					ДІПТ. 63 0000. 304. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

Подальшому аналізу будуть піддані машини і механізми, котрі найчастіше використовуються при перетині штучних перешкод, вживані для реалізації методів статичного і динамічного проколу, продавлювання і шнекового буріння.

Відповідність прокладення комунікації технічної документації характеризується відхиленням від проектної точки виходу голівки із забою в долях одиниці довжини. Так згідно [26] метод продавлювання ґрунту має кращі показники, і відхилення для нього складає 0,011. Гіршими показниками володіють установки, працюючі по методу проколу ґрунту. Їх показник складає 0,051 і більше. Відомо, що за статистикою через неточності попадання до 20% утворених свердловин методом проколу доводиться переробляти.

У гіршому положенні ці установки знаходяться і по умові ймовірності можливого ушкодження автомобільних доріг і прилеглих комунікацій. Про це свідчать рекомендації нормативних документів про застосування установок для проколу ґрунту на більшій глибині (не менше 2,5 м) не залежно від принципу їх дії.

В якості узагальненого критерію технічного рівня установок для розробки горизонтальних свердловин скористаємося узагальненим показником ефективності Π_{NG} землерийної техніки [27].

$$\Pi_{NG} = \frac{NG_{\text{заг}}}{\Pi^2} \rightarrow \min,$$

де N – потужність приводу установки, кВт;

$G_{\text{заг}}$ – загальна маса установки і енергетичного модуля, т;

Π – продуктивність, м³/год.

Продуктивністю установки для створення горизонтальної порожнини рахуватимемо об'єм ущільненого або такого, що видаляється ґрунту в одиницю часу

$$\Pi = \frac{\pi D^2 V_{\text{пр}}}{4},$$

де D – діаметр свердловини, м;

$V_{\text{пр}}$ – технічна швидкість проходки свердловини, м/год.

Оцінці за вказаним показником були піддані технічні параметри установок, що промислово випускалися, для методів статичного і динамічного проколу, продавлювання і шнекового буріння.

При загальному аналізі для усіх установок прийнята умова розробки горизонтальної свердловини діаметром 250 мм без урахування підготовчих і заключних робіт. Узагальнений показник ефективності представлений в таблиці 3.1 для кожної установки з урахуванням енергоблока (гідростанція, компресор, тощо).

Порівняння отриманих результатів дозволяє зробити наступні висновки. При узагальненому показнику ефективності $\Pi_{\text{NG}} \rightarrow \min$ і заданому діаметрі горизонтальної свердловини кращими є установки, що працюють по методу статичного проколу ґрунту. Цей показник порівняно з методами продавлювання і шнекового буріння в десятки разів менше. Найбільш близькими конкуруючими варіантами є установки (пневмопробійники), працюючі по методу динамічного проколу ґрунту.

Таблиця 3.1

Узагальнений показник ефективності установок

Метод	Динамічний прокол		Статичний прокол			Продавлювання			Шнекове буріння		
Установки	СО 134	HAMMER-HEAD145 SR	Установка ПУ-2	УПГ-25У «Стрела»	ГУПС 2-35/250	УБП Горизонт-400	ЭСМ-3	ГПУ-600	ДМ-1	УГБ-4	Barco 24-100
Параметри											
Маса комплекту, $G_{\text{общ}}$, т	1,7	1,69	0,86	0,87	0,94	4,7	3,1	8	3,1	12,9	1,44
Технічна швидкість проходки, $V_{\text{пр}}$, м/год	25	25	17	20	15	3	1	3	3	12	10
Потужність при- вода, $N_{\text{уст}}$, кВт	60	60	7	7	7	13	7,5	18	20	45	20
$\Pi_{\text{пр}}$, м ³ /год	1,23	1,23	0,83	0,92	0,74	0,15	0,05	0,15	0,15	0,59	0,49
Π_{NG}	63,7	67,3	8,65	6,32	12,14	2817,5	$\frac{964}{9}$	6640,2	2859	1673	119,5

3.2 Визначення коефіцієнта компресії ґрунту в умовах лабораторії

Визначення коефіцієнта компресії для лабораторного ґрунту було виконано керівником Посмітюха О.П. та магістрантом Зінченком С.Ю., на базі геодезичної лабораторії фірми "ДНПРОГЕОАЛЬЯНС" керівник Кулаженко Є.Ю., щоб не повторювати експеримент та зайвий раз не витратити кошти результати використані повторно, адже характеристика та склад лабораторного ґрунту не змінився.

Основними параметрами механічних властивостей ґрунтів, які зумовлюють несучу здатність основ і їх деформації, є міцнісні і деформаційні характеристики ґрунтів: кут внутрішнього тертя φ , питоме зчеплення c , модуль деформації ґрунтів E , межа міцності на одноосьовий стиск скельних ґрунтів $\varepsilon_{sw} R_0$, відносна деформація просідання ε_{sl} , відносна деформація набухання, тощо.

Ці характеристики визначаються, як правило, безпосередніми випробуваннями ґрунтів в польових або лабораторних умовах з урахуванням і можливої зміни вологості ґрунту в процесі будівництва та експлуатації споруд [53].

Нормативні і розрахункові значення характеристик ґрунтів устанавлюються на основі статистичної обробки результатів дослідів за методиками, наведеними в державному стандарті [51, 52].

3.3 Підготовка до випробувань

3.3.1 Тарування компресійного приладу.

Проводять тарування компресійного приладу для врахування його власних деформацій при ступеневому завантаженні, для чого в робоче кільце закладають металевий вкладиш, покритий з обох сторін зволженими паперовими фільтрами. Завантаження проводять ступенями тиску по 0,05 МПа, витримуючи їх по 2 хвилини. Тиск на вкладиш доводять до максимального - 1 МПа, визначають за індикаторами деформації приладу і паперових фільтрів. За результатами випробувань складають таблицю тарувальних поправок δ і будують графік $\delta = f(p)$.

					ДІП. 63 0000. 304. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

Визначаємо щільність ґрунту. Визначають щільність ґрунту ρ . Для цього зважують ґрунтовідбірне кільце з компресійного приладу (маса m). Вирізують з моноліту кільцем ґрунт непорушеної структури і природної вологості, або готують зразок порушеної будови з заданими значеннями щільності і вологості. Зважують кільце з ґрунтом (маса m_1). Визначають щільність ґрунту за формулою

$$\rho = \frac{m_1 - m}{V}, \quad (3.1)$$

де $V = 78,82 \text{ см}^3$ – об'єм кільця.

Визначають вологість ґрунту W . Для цього з моноліту поряд з місцем вирізання зразка відбирають у заздалегідь зважені бюкси (маса m_2) 15-20 г вологого ґрунту і зважують їх (маса m_3). Висушують ґрунт до постійної маси в сушильній шафі при температурі $(105 \pm 2)^\circ\text{C}$, охолоджують бюкси з ґрунтом в ексікаторі з CaCl_2 , знову зважують (маса m_4). Визначають вологість за формулою:

$$W = \frac{m_3 - m_4}{m_4 - m_2}. \quad (3.2)$$

Визначають щільність частинок ґрунту ρ_s .

Вираховують коефіцієнт пористості зразка ґрунту за формулою

$$e_0 = \frac{\rho_s}{\rho} (1 + W) - 1. \quad (3.3)$$

Результати цих досліджень і розрахунки записують в табл. 3.2, приклад заповнення якої наведено нижче.

Таблиця 3.2.

Визначення коефіцієнта пористості зразка ґрунту (приклад)

Маса кільця, m , г	198
Маса кільця з ґрунтом, m_1 , г	477
Щільність ґрунту $\rho = (m_1 - m)/V$, г/см ³	1,86
№ бюкса	5
Маса порожнього бюкса, m_2 , г	14,1
Маса бюкса з вологим ґрунтом m_3 , г	34,97
Маса бюкса з сухим ґрунтом, m_4 , г	31
Вологість ґрунту, $W = [(m_3 - m_4)/(m_4 - m_2)] * 100\%$	0,235
Щільність частинок ґрунту, ρ_s , г/см ³	2,68
Коефіцієнт пористості, e_0	0,78

3.3.2 Проведення компресійних випробувань.

Випробування проводять шляхом передачі навантаження за допомогою важеля 4 на штамп 6, а той в свою чергу, передає тиск P на зразок ґрунту. Початкові ступені навантаження під час визначення стисливості пилюватих і дрібних пісків слід вибирати залежно від їх коефіцієнта пористості за таблицею 3.3.

Таблиця 3.3.

Початкові ступені навантаження			
Коефіцієнт пористості e	$e > 0.75$	$0.75 > e > 0.6$	$e < 0.6$
Перші ступені тиску P , МПа	0,0125	0,025	0,05

Після докладання кожного ступеня тиску покази індикаторів слід фіксувати через 0,25; 0,5; 1; 2; 5; 10; 20; 30; 60 хвилин і далі через кожну годину до досягнення умовної стабілізації деформації зразка. Під час навчальних занять за браком часу дозволяється прийняти скорочені терміни умовної стабілізації до 3-5 хв., а ступені тиску на ґрунт P прийняти 0,05; 0,10; 0,20 і 0,40 МПа. Для цього на підтримувач 5 встановити гирі загальною масою

$$M = \frac{10 \cdot P \cdot A - m}{n}. \quad (3.4)$$

де P – тиск в МПа;

A – площа зразка (60 см^2);

m – маса тягової рами приладу (2,3 кг);

n – кратність збільшення навантаження важелем ($n = 10$). Наприклад, щоб отримати тиск на ґрунт $P = 0.05$ МПа на підтримувач треба покласти гирю масою

$$M = \frac{10 \cdot 0.05 \cdot 60 - 2.3}{10} = 2.77, \text{ кг}$$

Довівши тиск до максимального (в нашому випадку до 0,4МПа), починають зменшувати його, розвантажуючи зразок тими ж ступенями, якими відбувалось завантаження.

Значення тиску P і відповідні покази індикаторів, зафіксовані після настання умовної стабілізації, записують в табл. 3.4. Туди ж записують з тарувальної таблиці величину деформації приладу 8, що відповідає даному тиску.

Для прикладу приведемо результати випробування ґрунту типу «Супісок» в лабораторії в діапазоні тиску від 0 до 0,05 МПа таблиця 3.4. та приведемо графічне зображення кривої рис. 3.1.

Таблиця 3.4.

Журнал компресійних випробувань. Залежність компресійного модуля деформації ґрунту, в інтервалі тисків від 0 до 0,05 МПа, від вологості.

Супісок (лабораторний ґрунт).

Вологість, %	Інтервал тиску, МПа	Висота зразка, мм	Абсолютна деформація Δh , мм	Зміна коефіцієнта пористості Δe	Початковий коефіцієнт пористості зразка e_0	Кінцевий коефіцієнт пористості e_i	Відносна деформація ε	Коефіцієнт стискуваності, m^2/MH	Пістома стискуваності, $an \text{ } m^2/MH$	Модуль деформації E , МПа
0,51	0-0,05	19,30	0,0400	0,0038	0,8226	0,8188	0,0021	0,0755	0,0415	15,03
1,80	0-0,05	19,80	0,0400	0,0036	0,8011	0,7975	0,0020	0,0728	0,0404	15,42
6,70	0-0,05	20,02	0,0400	0,0036	0,7994	0,7958	0,0020	0,0719	0,0400	15,59
8,39	0-0,05	19,60	0,0600	0,0053	0,7265	0,7212	0,0031	0,1057	0,0612	10,18
12,13	0-0,05	19,60	0,0900	0,0083	0,8067	0,7984	0,0046	0,1659	0,0918	6,78
13,99	0-0,05	19,50	0,1000	0,0092	0,7948	0,7856	0,0051	0,1841	0,1026	6,07
16,57	0-0,05	19,60	0,1200	0,0109	0,7838	0,7729	0,0061	0,2184	0,1224	5,09
18,28	0-0,05	19,30	0,1200	0,0111	0,7844	0,7733	0,0062	0,2219	0,1244	5,01
20,39	0-0,05	19,70	0,1200	0,0109	0,7857	0,7748	0,0061	0,2175	0,1218	5,11
22,32	0-0,05	19,55	0,1200	0,0111	0,8134	0,8023	0,0061	0,2226	0,1228	5,08
23,23	0-0,05	19,90	0,1500	0,0135	0,7910	0,7775	0,0075	0,2700	0,1508	4,13
23,92	0-0,05	19,80	0,4200	0,0376	0,7723	0,7347	0,0212	0,7519	0,4242	1,47

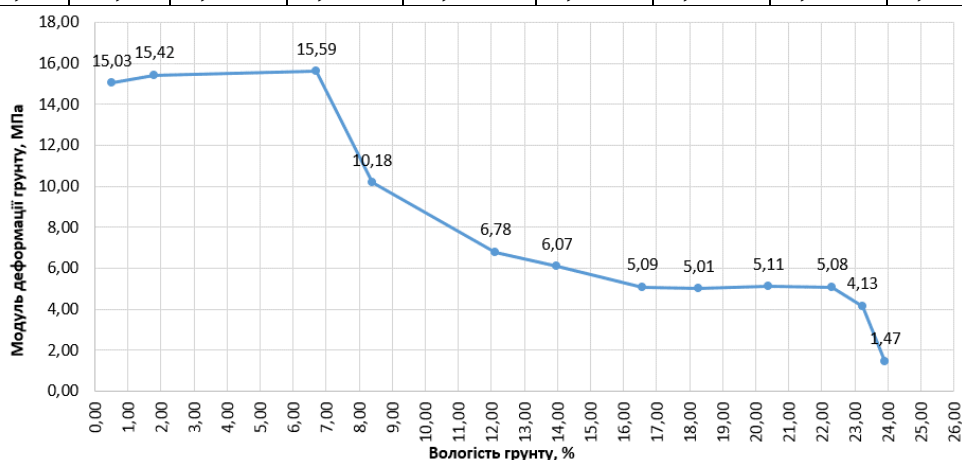


Рис. 3.1. Графік залежності компресійного модуля деформації ґрунту в інтервалі тисків від 0 до 0,05 МПа від вологості ґрунту. Супісок.

3.3.3 Обробка результатів випробувань.

За результатами випробувань ґрунту в компресійному приладі на основі записів в графах 1-6 табл. 3.3 визначають:

- а) величину абсолютної деформації зразка ґрунту для кожного ступеня навантаження $\Delta h_i = \Delta \bar{h}_i - \delta_i$;
- б) коефіцієнт пористості ґрунту для кожного ступеня навантаження за формулою

$$e_i = (e_0 - (1 + e_0) \Delta h_i) / h = e_0 - \Delta e_i \quad (3.5)$$

де e_0 – коефіцієнт пористості зразка ґрунту до початку випробувань (табл. 3.1);

h – початкова висота зразка ґрунту ($h = 25$);

Δh_i – деформація зразка ґрунту для кожного ступеня навантаження.

За одержаними даними будують компресійну криву 1 тобто криву залежності коефіцієнта пористості ґрунту від тиску $\delta = f(P)$ також декомпресійну криву 2 – криву розвантаження (рис. 3.2).

Вираховують з точністю до 0,001 МПа*¹ коефіцієнт стисливості ґрунту m_0 , за формулою

$$m_0 = \frac{e_n - e_k}{P_k - P_n} \quad (3.6)$$

де P_k і P_n – відповідно початковий і кінцевий тиски на ґрунт (задається);

e_n і e_k – відповідно початковий і кінцевий коефіцієнти пористості ґрунту, що відповідають тискам P_n і P_k . Визначаються з компресійної кривої (рис. 3.2.).

Обчислюють компресійний модуль деформації з точністю 0,1 МПа за формулою

$$E_k = \frac{1 + e_0}{m_0} \beta, \quad (3.7)$$

де e_0 – коефіцієнт пористості ґрунту до початку випробувань;

					ДІП. 63 0000. 304. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

m_0 – коефіцієнт стисливості ґрунту;

β – коефіцієнт, який враховує відсутність поперечного розширення ґрунту в компресійному приладі і який обчислюють за формулою

$$\beta = 1 - \frac{2\nu^2}{1 - \nu}, \quad (3.8)$$

де ν – коефіцієнт поперечної деформації, який визначають в приладі трьохосового стиску.

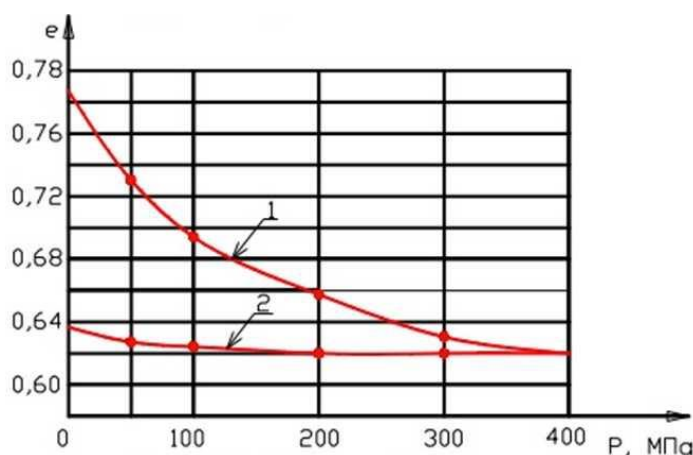


Рис. 3.2. Компресійна крива

У разі відсутності експериментальних даних допускається приймати такі значення ν :

для піску і супіску	0,30-0,35;	
для суглинку	0,35-0,37;	
для глини: якщо $I_L < 0$	0,20-0,30;	
	$0. < I_L \leq 0.25$	0,30-0,38;
	$0.25 < I_L \leq 1.0$	0,38-0,45.

При цьому менші значення ν приймають при більшій щільності ґрунту.

Вважається, що значення модулів деформацій, отримані за даними компресійних випробувань, для всіх ґрунтів (за винятком сильностисливих) занижені [46], тому для розрахунку осідання фундаменту їх рекомендують коректувати за результатами паралельно проведених випробувань того ж ґрунту штампом. Для четвертинних супісків, суглинків і глин можна приймати коригуючий коефіцієнт

m_k з таблиці 3.5., але при цьому значення E_k необхідно визначати в інтервалі тисків 0,1-0,2 МПа.

Модуль деформації E дорівнюватиме

$$E = E_k \cdot m_k. \quad (3.9)$$

Таблиця 3.5.

Коефіцієнти m_k для алювіальних, делювіальних, озерних і озерно-алювіальних четвертинних ґрунтів з показником текучості $I_L \leq 0.75$

Ґрунти	Значення m_k при коефіцієнті пористості e						
	0,45	0,55	0,65	0,75	0,85	0,95	1,05
Супісок	4,0	4,0	3,5	3,0	2,0	-	-
Суглинок	5,0	5,0	4,5	4,0	3,0	2,5	2,0
Глина	-	-	6,0	6,0	5,5	5,0	4,5

Примітка. Для проміжних значень e коефіцієнт m_k дозволяється визначати інтерполяцією.

3.4 Опис експерименту визначення коефіцієнта компресії ґрунту

Визначити за даними компресійних випробувань, наведеними в таблиці 3.3, коефіцієнт стисливості m_0 , і модуль деформації E . Ґрунт – супісок. За початковий тиск прийняти $P_n = 0,10$ МПа, за кінцевий $P_k = 0,20$ МПа.

З компресійної кривої (рис. 3.2) визначаємо, що тиску $P_n = 0,10$ МПа відповідає коефіцієнт пористості $e_n = 0,695$, а тиску $P_k = 0,20$ МПа – коефіцієнт пористості $e_k = 0,660$.

Коефіцієнт стисливості дорівнює

$$m_0 = \frac{e_n - e_k}{P_k - P_n} = \frac{0.695 - 0.660}{0.20 - 0.10} = 0.35 \text{ МПа}^{-1}.$$

Приймаємо для супіску $v = 0.3$, тоді

$$\beta = 1 - \frac{2v^2}{1 - v} = 1 - \frac{2 \cdot 0.3^2}{1 - 0.3} = 0.74.$$

Компресійний модуль деформації E_k дорівнює

$$E_k = \frac{1 + e_0}{m_0} \beta = \frac{1 + 0.78}{0.35} 0.74 = 3.76, \text{ МПа.}$$

Відкоректований модуль деформації E

$$E = E_k \cdot m_k = 3.76 \cdot 2.7 = 10 \text{ МПа.}$$

За значенням коефіцієнта стисливості - ґрунт середньо стисливий.

3.5 Дослідження та обґрунтування параметрів плоских робочих органів ґрунтопроколюючих машин для утворення порожнин у ґрунті

Проведений аналіз існуючих методів безтраншейних технологій прокладення підземних комунікацій дозволив встановити їх призначення і області раціонального використання. Для методів прокладення комунікацій усередині ґрунту отримані результати представлені в таблиці 3.6.

Оскільки з приведених даних не можна зробити однозначного висновку, який з методів, або яка форма робочого органу буде ефективнішим в обмежених міських умовах, то для цього необхідно визначитися з основними параметрами перепон, які частенько необхідно перетинати при прокладенні підземних розподільних мереж.

Для вибору найбільш ефективного з даних методів прокладки комунікацій в умовах щільної міської забудови розглянемо, які види підземних комунікацій існують і які вимоги пред'являються до технології їх прокладення під перешкодами табл. 3.6.

Ґрунтуючись на вищевикладеному матеріалі, встановлено, що основний діапазон параметрів свердловин, який пред'являється при будівництві до основної маси комунікацій в міських умовах, поміщений в наступний:

- діаметр горизонтальної свердловини, що розробляється, складає від 90 до 530 мм;
- довжина проходки при перетині штучних споруд складає від 4,5 до 30 м;

- глибина заставляння комунікацій визначена нормативними документами. При цьому очевидно є необхідність скорочення глибини до мінімально допустимої величини, при якій не відбуватиметься ушкодження доріг;
- розміри і траєкторія свердловини повинні відповідати проектній документації і знаходитися в межах допустимих норм відхилення;

Таблиця 3.6

Основні сфери застосування методів безтраншейного прокладення підземних комунікацій

Група	Метод утворення порожнини	Порожнина		Рекомендовані ґрунтові умови	Не рекомендовані ґрунтові умови
		діаметр, мм	довжина, м		
Вдавлення в ґрунту в стінки	Статичний прокол	50-350	60-80	Піщані та глинисті ґрунти без твердих включень	Скальні та кременисті ґрунти
	Динамічний прокол	55-400	30-40	Ґрунти I-III категорії	Ґрунти з підвищеним зволоженням та малим щепленням
Екскавація ґрунту з порожнини	Продавлювання	250-2000	60-80	Ґрунти I-III категорії	Важке використання в твердих та пливунних породах ґрунту
	Шнекове буріння	325-1420	40-60	Ґрунти I-III категорії	Важке використання в твердих і пливунних ґрунтах
Комбінована група	Динамічний прокол і продавлювання	70-530	30-40	Ґрунти I-III категорії	Ґрунти з підвищеним водонасиченням й малим зчепленням
	Статичний прокол і шнекове буріння	150-600	40-50	Ґрунти I-III категорії? без твердих і кам'янистих включень включений	Скальні, кременисті й пливунні ґрунти

В своїх дослідженнях маємо на меті проаналізувати вплив форми та розмірів робочого органу на зусилля занурення, а також порівняти зони деформації ґрунту навколо отриманої порожнини.

З огляду безтраншейних способів видно, що електричні та мережі зв'язку прокладаються групами від 3 до 12 захисних футлярів в один прокол, а глибина прокладання цих мереж обмежена 1-3 м від поверхні. Запропоновані варіанти укладання комплектів комунікацій в технологічних порожнинах в ґрунті, вико-

наних безтраншейним способом в порожнинах складної форми, що дає змогу збільшити відсоток використання площі порожнини. Запропонований варіант робочого устаткування для утворення технологічних порожнин в ґрунті плоскої форми рис. 3.8.

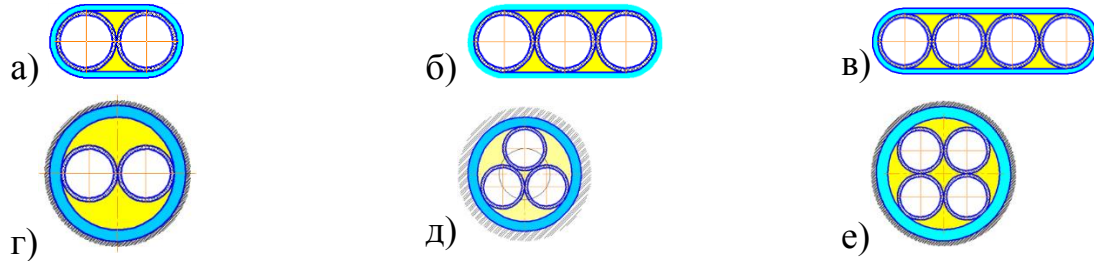


Рис. 3.8. Варіанти розташування групи футлярів під комунікації (жовтим кольором позначено невикористаний простір, голубим – простір, що необхідний для безперешкодного затягування комунікацій): а) – 2 футляри в отворі плоскої форми; б) – 3 футляри в отворі плоскої форми; в) – 4 футляри в отворі плоскої форми; г) – 2 футляри в отворі круглої форми; д) – 3 футляри в отворі круглої форми; е) – 4 футляри в отворі круглої форми;

4 АНАЛІЗ ВПЛИВУ ФОРМИ ТА РОЗМІРІВ РОБОЧОГО ОРГАНУ НА ҐРУНТ ТА СУСІДНІ КОМУНІКАЦІЇ

4.1 Зона руйнування ґрунту клиновим робочим органом

З роботи [3] відомо, що прокол ґрунту конусним наконечником може бути ефективним в межах діаметру свердловини, яке отримано з умови оптимального опору. Так, було встановлено, що максимальне зниження опору проколюванню має місце:

- для твердого супіску при діаметрах $D=0.2\ldots 0.25$ м;
- для напівтвердого суглинку при діаметрах $D=0.13\ldots 0.17$ м;
- для тугопластичної глини при діаметрах $D=0.12\ldots 0.13$ м.

Очевидним є те, що крізь такі порожнини кількість прокладання труб обмежена, особливо звертаючи увагу на те, що їх діаметри складають не менше 100 мм.

Проведення дослідження процесу проколу ґрунту робочим органом з клиновидним наконечником (рис. 4.1) є достатньо трудомістким та коштовним процесом. Тому теоретичне обґрунтування перспективи впровадження клиновидного ножа при безтраншейному прокладанні підземних комунікацій та уявлення про закономірності процесу проколу запропонованим робочим органом дозволить визначитись з подальшими технічним удосконаленням розробки та плануванням її експериментального дослідження.

На основі закону збереження маси до і після ущільнення ґрунту клиновим наконечником маємо схему для визначення опору клинового наконечника (рис. 4.2):

$$\left(a_{\text{деф}} + \frac{d}{2}\right)(n-1)d\rho_{np} = (n-1)d \int_0^{a_y} \rho_x dx, \quad (4.1)$$

де $a_{\text{деф}}$ – відстань, на яку деформується ґрунт клиновим наконечником;

d – діаметр лінійно протяжного об'єкту ЛПО;

n – кількість ЛПО, які одночасно прокладаються;

ρ_{np} – природна щільність ґрунту;

ρ_x – закономірність зміни щільності ґрунту в деформованій зоні.

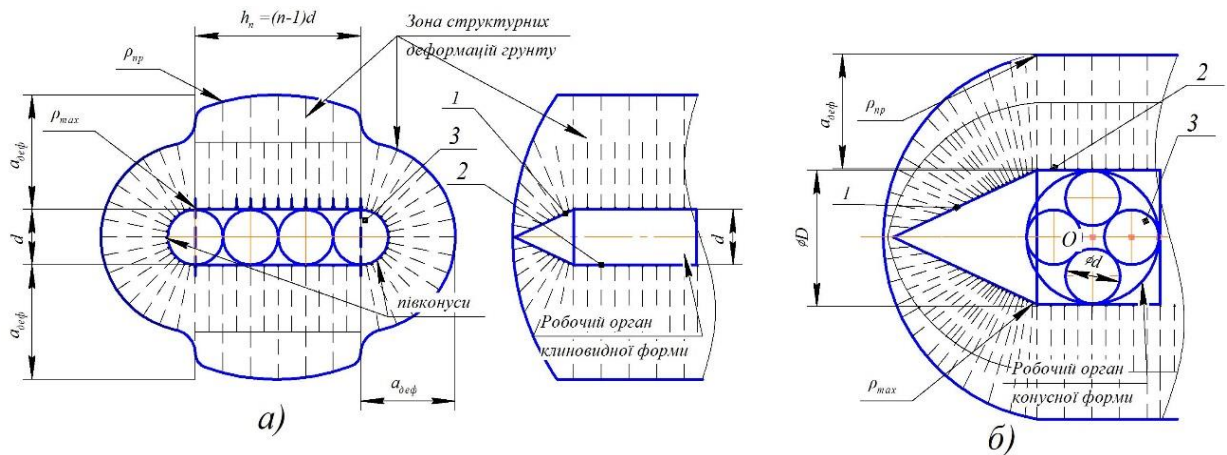


Рис. 4.1 Розташування клинового а) та конічного б) робочого органу в ґрунті та зона деформації, а також надмірного тиску: 1 – клиновидна частина робочого органу, 2 – плоска направляюча з півкруглими кінцями; 3 – футляри

У першому наближенні закономірність зміни щільності ρ_x можна прийняти лінійною в залежності від відстані до бокової стінки отвору [55] (рис. 4.2).

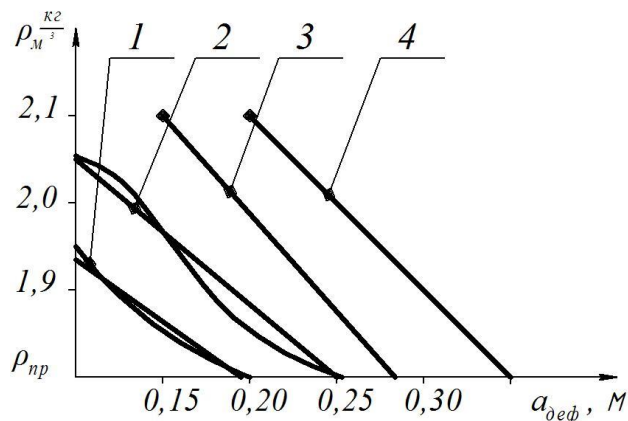


Рис. 4.2. Закономірність зміни щільності ґрунту в деформованій зоні в залежності від розмірів плоского отвору [54]: 1 – футляр розміром 26 мм; 2 – футляр розміром 38 мм; 3 – футляр розміром 49 мм; 4 – футляр розміром 65 мм

Прийнята закономірність зміни щільності показана на рис. 4.3:

$$\rho_x = \rho_{np} + \left(1 - \frac{x}{a_{def}}\right)(\rho_{max} - \rho_{np}), \quad (4.2)$$

де ρ_{max} – максимальна щільність ґрунту в боковій стінці отвору.

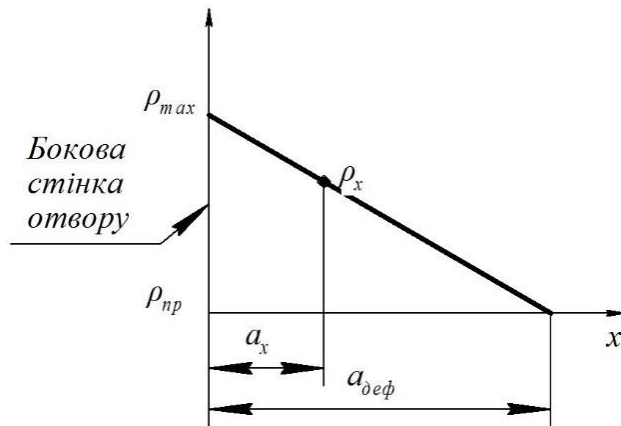


Рис. 4.3. Прийнята закономірність зміни щільності ґрунту

З урахуванням (4.1) рівність (4.2) перепишеться у вигляді:

$$\begin{aligned} \left(a_{def} + \frac{d}{2}\right)\rho_{np} &= \int_0^{a_{def}} \left[\rho_{np} + \left(1 - \frac{x}{a_{def}}\right)(\rho_{max} - \rho_{np})\right] dx = \\ &= \rho_{np} a_{def} + (\rho_{max} - \rho_{np}) a_{def} - (\rho_{max} - \rho_{np}) \frac{a_{def}}{2} = \frac{\rho_{max} + \rho_{np}}{2} a_{def}. \end{aligned} \quad (4.3)$$

Величину середньої щільності $\frac{\rho_{max} + \rho_{np}}{2} = \rho_{сер}$ після ущільнення ґрунту визначено в роботі [27]:

$$\rho_{сер} = \frac{\rho_{np}}{1 - 1/\lambda^2}, \quad (4.4)$$

де λ – характеризує величину зони пружно-пластичних деформацій ґрунту і залежить від типу ґрунту і глибини, на якій здійснюється деформування:

$$\lambda = \frac{\left(\gamma_{ep} h + \frac{c}{tg\varphi_0}\right) tg^4\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi_0}{2}\right)}{\sigma_1}, \quad (4.5)$$

де γ_{ep} – питома сила тяжіння ґрунту;

h – глибина, на якій здійснюється прокол;

c – коефіцієнт зчеплення ґрунту;

φ_0 – кут внутрішнього тертя ґрунту;

σ_1 – напруження на границі пружної і пластичної зон деформування ґрунту

[28]:

$$\sigma_1 = \frac{-B \pm \sqrt{B^2 + 4AC}}{2A} = \left| \frac{B + \sqrt{B^2 + 4AC}}{2A} \right|, \quad (4.6)$$

$$\text{де } \begin{cases} A = \sin \varphi_0 (3 - \sin \varphi_0), \\ B = 3c \cos \varphi_0 - 2.5c \sin 2\varphi_0 + \gamma_{zp} h (1 + \sin \varphi_0), \\ C = [\gamma_{zp} h (1 + \sin \varphi_0) + 4c \cos \varphi_0] c \cos \varphi_0. \end{cases}$$

Якщо підставити залежності (4.4) і (4.5) у рівняння отримаємо:

$$a_{def} = (\lambda^2 - 1) \frac{d}{2} = \left[\frac{\left(\gamma_{zp} h + \frac{c}{\tan \varphi_0} \right)^2 \tan^8 \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi_0}{2} \right)}{\sigma_1^2} - 1 \right] \frac{d}{2}. \quad (4.7)$$

Для ідеального сипучого середовища, в якого зчеплення відсутнє ($c = 0$ – пісок):

$$a_{def} = \left[\frac{\tan^8 \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi_0}{2} \right)}{(1 + \sin \varphi_0)^2} \cdot \sin^2 \varphi_0 (3 - \sin \varphi_0)^2 - 1 \right] \frac{d}{2}. \quad (4.8)$$

Для невагомego зв'язного середовища ($\gamma h = 0$, $c \neq 0$):

$$a_{def} = \left[\frac{\frac{c^2}{\tan^2 \varphi_0} \tan^8 \left(\frac{\pi}{4} + \varphi_0 \right)}{\sigma_1^2} - 1 \right] \frac{d}{2}. \quad (4.9)$$

Якщо прийняти, що $\lambda = 5,4...6,0$ – для твердого супіску; $\lambda = 4,3...4,8$ – для напівтвердого суглинку; $\lambda = 4,0...4,3$ – для тугопластичної глини [27], тоді середня щільність ґрунту в пружно-пластичній зоні дорівнює:

- для твердого супіску – $\rho_{сер} = (1,03...1,04)\rho_{np}$;
- для напівтвердого суглинку – $\rho_{сер} = (1,05...1,06)\rho_{np}$;
- для тугопластичної глини – $\rho_{сер} = (1,06...1,07)\rho_{np}$.

За експериментальними даними виробничих випробувань безтраншейних дренаукладачів, які працюють з утворенням закритичної зони $\rho_{сер} = (1,05...1,08)\rho_{np}$ [29].

Для приведеної середньої щільності ґрунтів величина зони їх деформування складає:

- для твердого супіску – $a_{деф} = (14,0...17,5)d$;
- для напівтвердого суглинку – $a_{деф} = (8,7...11,0)d$;
- для тугопластичної глини – $a_{деф} = (7,5...8,7)d$.

Результати досліджень. Визначимо тиск ґрунту на підземні комунікації, які потрапляють у зону дії пружно-пластичних деформацій:

$$q_x = \frac{1+\omega}{c_k} \rho_{мс} \left(\frac{1}{\rho_{np}} - \frac{1}{\rho_x} \right) = \frac{(1+\omega)\rho_{мс}}{c_k \rho_{np}} \left[1 - \frac{1}{1 + \left(1 - \frac{x}{a_{деф}} \right) \frac{\rho_{max} - \rho_{np}}{\rho_{np}}} \right] =$$

$$= \frac{(1+\omega)\rho_{мс}}{c_k \rho_{np}} \left[1 - \frac{1}{1 + \left(1 - \frac{x}{a_{деф}} \right) \left(\frac{\rho_{max}}{\rho_{np}} - 1 \right)} \right] = E_{zp} \left[1 - \frac{1}{1 + \left(1 - \frac{x}{a_{деф}} \right) \left(\frac{\lambda^2 + 1}{\lambda^2 - 1} \right)} \right], \quad (10)$$

де c_k – коефіцієнт компресії ґрунту ($c_k = 0,07...0,09(\omega_T - 10)$, МПа⁻¹) [5];

ω – природна вологість ґрунту;

ω_T – межа текучості ґрунту;

$$E_{cp} = \frac{(1 + \omega) \rho_{me}}{c_k \rho_{np}} - \text{компресійний модуль деформації ґрунту [3, 55].}$$

Побудовано графіки q_x в залежності від відстані x від бокової грані клину для твердого супіску, напівтвердого суглинку та тугопластичної глини (рис. 4.4). Для побудови прийmemo для обох робочих органів [3, 43, 55]:

- кількість однакових футлярів, що прокладаються одночасно $n=5$ шт.;
- глибина прокладання комунікацій $h=1.5$ м;
- діаметр футлярів 100, 200, 300, 400 та 500 мм;
- характеристики твердого супіску – $E_{cp}=1.39$ МПа, $\lambda=5.6$, $a_y=15.2d$;
- характеристики напівтвердого суглинку – $E_{cp}=0.892$ МПа, $\lambda=4.5$, $a_y=9.63d$;
- характеристики тугопластичної глини – $E_{cp}=0.631$ МПа, $\lambda=4.2$, $a_y=8.32d$.

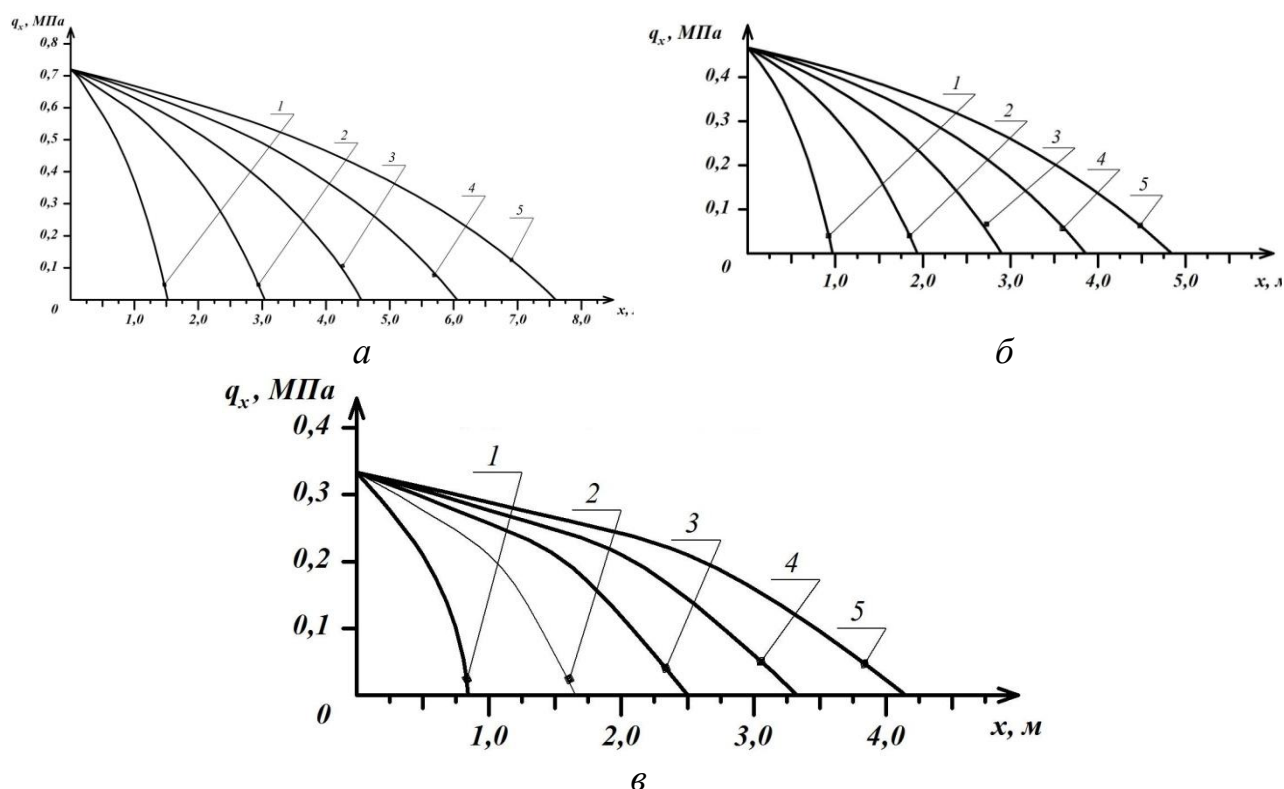


Рис. 4.4. Залежність тиску ґрунту на підземні комунікації від відстані, діаметра, кількості футлярів та форми робочого органу $n=5$ шт., $h=1.5$ м: а – твердий супісок; б – напівтвердий суглинок; в – тугопластична глина: 1, 2, 3, 4, 5 – клиновий плоский робочий орган діаметру футляра, відповідно, 100, 200, 300, 400 та 500 мм

З рис. 4.4 чітко видно, що використання досліджуваного робочого органу суттєво залежить від розміру футляру та обмежене по глибині прокладання. Мала глибина приведе до випручування денної поверхні ґрунту.

4.2 Зона руйнування ґрунту конічно-циліндричним робочим органом

Визначимо зону руйнування ґрунту конічно-циліндричним наконечником (рис. 4.5.). Для цього запишемо рівняння рівності мас ґрунту до і після ущільнення його наконечником [55]

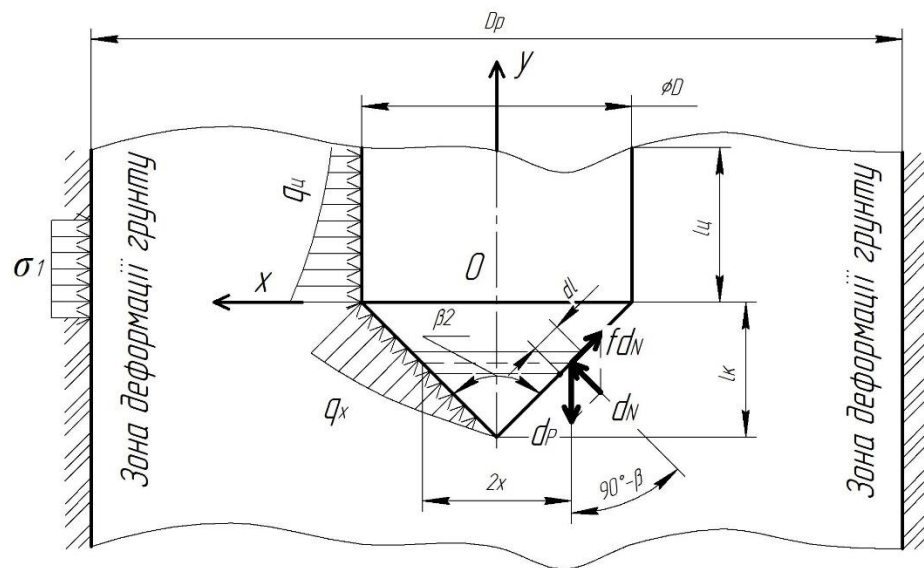


Рис. 4.5. Схема взаємодії наконечника з ґрунтом та комунікаціями

Тоді нормальний тиск ґрунту в кожному поперечному перерізі конуса дорівнює:

$$q_x = \frac{(1 + \omega) \rho_{mv}}{c_k} \left(\frac{1}{\rho_{np}} - \frac{1}{\rho_x} \right). \quad (4.11)$$

Визначимо закон зміни щільності ґрунту по висоті конуса на основі закону рівності мас:

$$\frac{\pi D^2}{4} \rho_{np} = \frac{\pi}{4} (D^2 - 4x^2) \rho_x, \quad (4.12)$$

де D – діаметр конусного наконечника;
звідки

$$\rho_x = \frac{\rho_{np}}{1 - (2x/D)^2}. \quad (4.13)$$

Знайдемо значення x із залежності (4.13), при якому ґрунт максимально ущільнюється до ρ_{me} .

$$x = \frac{D}{2} \sqrt{1 - \frac{\rho_{np}}{\rho_{me}}}. \quad (4.14)$$

У подальшому ґрунт буде витіснятися за межі ґрунтового отвору. Для ідеального сипучого середовища зона максимального ущільнення ($\rho_{sp} = \rho_{me}$) розповсюджується навколо осі проколини на відстань $D_{\rho_{me}}$. Визначимо цю відстань із умови

$$\frac{\pi D^2}{4} \rho_{np} = \frac{\pi}{4} (D_{\rho_{me}}^2 - D^2) \rho_{me}. \quad (4.15)$$

Звідки

$$D_{\rho_{me}} = D \sqrt{1 + \frac{\rho_{np}}{\rho_{me}}}. \quad (4.16)$$

Для зв'язних ґрунтів зона руйнування ґрунту D_p розповсюджується на значно більшу відстань $D_p > D_{\rho_{me}}$ [27].

При цьому розмір кінечно циліндричного робочого органу, для прокладання n -футлярів (рис. 4.6.) визначимо за формулою

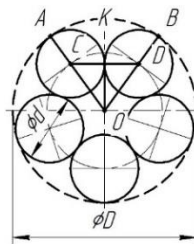


Рис. 4.6. Визначення діаметру отвору при груповому прокладанні n -футлярів.

Розглянемо трикутники $\triangle AOB$, $\triangle COD$ та $\triangle KOD$.

Кут $\angle KOD = \frac{\pi}{n}$, звідки

$$\sin \frac{\pi}{n} = \frac{KD}{OD}, OD = \frac{KD}{\sin(\pi/n)} = \frac{d}{2 \sin(\pi/n)},$$

$$OB = OD + DB = \frac{d}{2 \sin(\pi/n)} + \frac{d}{2} = \left(1 + \frac{1}{\sin \pi/n}\right) d.$$

Відповідно до залежності (4.11) закон зміни нормального тиску на бічну поверхню конусного наконечника запишеться у вигляді

$$q_x = E_{zp} \left(\frac{2x}{D} \right)^2, \quad (4.17)$$

де $E_{zp} = \frac{(1+\omega)\rho_{me}}{c_k \cdot \rho_{np}}$ – компресійний модуль деформації ґрунту.

Закон зміни тиску (4.17), що приведений на рис. 4.7, підтверджений експериментальними даними, для твердого супіску [56]. Для розрахунку прийняті наступні вихідні дані (розділ 4.1): для твердого супіску – $\rho_{me} = 2,70 \text{ т/м}^3$; $\rho_{np} = 2,05 \text{ т/м}^3$; $\omega = 14\%$; $c_k = 1,08 \text{ МПа}^{-1}$; для напівтвердого суглинка - $\rho_{me} = 2,70 \text{ т/м}^3$; $\rho_{np} = 2,10 \text{ т/м}^3$; $\omega = 10\%$; $c_k = 1,73 \text{ МПа}^{-1}$; для тугопластичної глини - $\rho_{me} = 2,73 \text{ т/м}^3$; $\rho_{np} = 2,00 \text{ т/м}^3$; $\omega = 30\%$; $c_k = 2,81 \text{ МПа}^{-1}$.

Параметри зміни тиску на бічній поверхні для твердого супіску, напівтвердого суглинка і тугопластичної глини наведені на графіку (див. рис. 4.7).

На рис. 4.8 побудовані залежності зусилля заглиблення конічної частини наконечника в твердий супісок, напівтвердий суглинок і тугопластичну глину від діаметра проколу.

Для побудови графіка залежності рис. 4,7. зусилля заглиблення конусної частини наконечника вихідні дані аналогічні, а $2\beta = 50^\circ$ для твердого супіску – $f = 0,532$; для напівтвердого суглинка - $f = 0,424$; для тугопластичної глини $f = 0,325$.

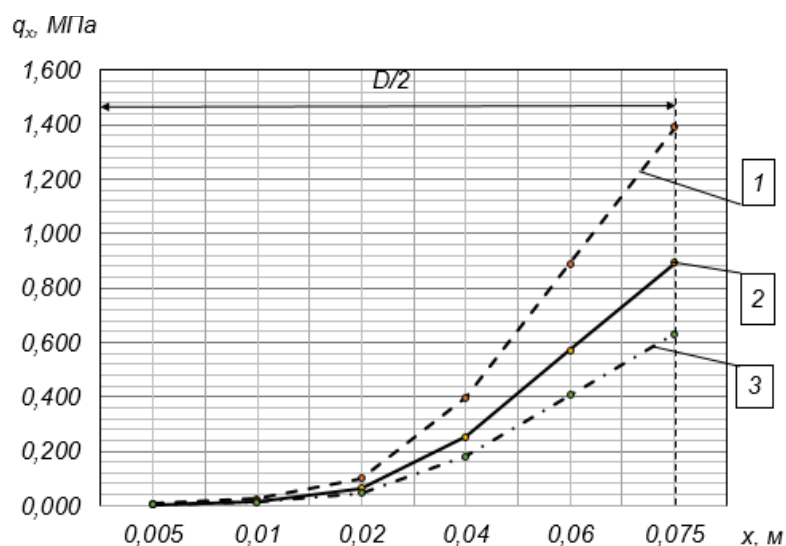


Рис. 4.7. Закономірність зміни тиску на бічній поверхні конуса в різних видах ґрунтів: 1 – твердий супісок; 2 – напівтвердий суглинок; 3 – тугопластична глина

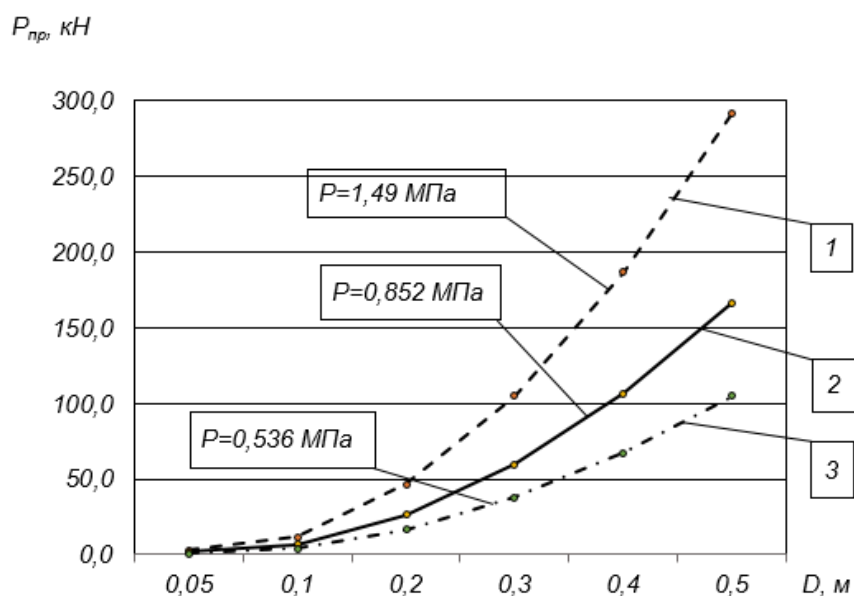


Рис. 4.8. Залежність зусилля заглиблення конусної частини наконечника від діаметра проколу: 1 – твердий супісок; 2 – напівтвердий суглинок; 3 – тугопластична глина

4.3 Висновок до розділу

Встановлені в закономірності зміни тиску ґрунту на бічній поверхні конуса та циліндричній частині наконечника ґрунто-проколюючої головки дозволили отримати аналітичну залежність розрахунку його сили опору в залежності від фізико-механічних властивостей ґрунту і діаметра традиційного наконечника. Таким чином можна констатувати, що сила тертя на поверхні конусної частини

наконечника проколюючої головки досягає 25 – 30 % від сумарного значення сили опору ґрунту.

Позитивним в роботі є те, що теоретичні викладки дають можливість визначення зони ущільнення ґрунту та тиск на підземні комунікації при його деформації клиновим наконечником, в залежності від фізико механічних характеристик ґрунту та розмірів наконечника. Завдяки цьому була отримана можливість всебічної оцінки нової технології прокладання підземних комунікацій з застосуванням статичного проколу ґрунту робочим наконечником клинової форми. Критерієм порівняння запропонованого робочого органу з клиновим наконечником з традиційним конічно циліндричним наконечником є сила опору ґрунту їх просуванню. Саме таке порівняння дає можливість отримати докази на користь клинового наконечника. Отримані розрахунки сил опору ґрунту проколу також дають можливість визначитися з силовими параметрами установки та її конструктивними особливостями. Визначення тиску від пружно пластичних деформацій на прилеглі комунікації в залежності від параметрів робочого органу та властивостей ґрунту дають можливість оцінити, наскільки близько до прилеглих комунікацій можна виконати прокол робочим органом з запропонованим наконечником.

Додаткові можливості дослідження полягають в підвищенні якості та зниженні витрат при виконанні робіт для безтраншейного прокладання інженерних комунікацій. Це впливає з того, що ущільнення ґрунту навколо порожнини має постійний характер не залежно від кількості труб, що прокладаються. А це, в свою чергу, дає можливість ближче наблизитися до поверхні доріг, не руйнуючи її основи. Це ж має значення при прокладанні комунікацій поблизу з іншими підземними спорудами та з прилеглими комунікаціям. Прокладання декількох трубопроводів крізь традиційну свердловину циліндричної форми такої можливості не має. Крім того, використання клинового наконечника дає значну економію енергозатрат, завдяки меншого опору ґрунту проколу при аналогічній кількості трубопроводів, що прокладаються.

					ДІПТ. 63 0000. 304. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

На даному етапі ще не закінчені експериментальні дослідження тиску ґрунту на сусідні комунікації в різних напрямках по відношенню до робочого органу. Зовсім не проведено досліджень з використання даного робочого органу в ґрунтах, що мало стискаються. Не приводились навіть теоретичні дослідження по зміні положення робочого органу в процесі протягування.

Таким чином аналіз результатів дослідження визначив пріоритети подальших досліджень:

- вивчити вплив твердих включень на траєкторію руху робочого органу;
- вивчити вплив вологості ґрунту на його тиск на прилеглі комунікації;
- розглянути можливість використання даного робочого органу для ремонту трубопроводів.

					ДІПТ. 63 0000. 304. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

5 МЕТОДИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

5.1 Експериментальні дослідження

Метою експериментальних досліджень являлося підтвердження робочої гіпотези взаємодії клинового наконечника та клинового наконечника з виступами з ґрунтом, обґрунтування раціональних розмірів наконечника, що забезпечують мінімальне зусилля проколу в залежності від типу ґрунту та кількості футлярів, що одночасно прокладаються.

Дослідження процесу утворення свердловин клиновим наконечником проводилися в 5 етапів:

- на першому етапі експериментально визначались параметри лабораторного ґрунту та його вологість (розділ 3);
- на другому – визначення коефіцієнта компресії лабораторного ґрунту (розділ 3);
- на третьому – протягування РО клиновидної форми різних розмірів;
- на четвертому – протягування РО конічно циліндричної форми різних розмірів та співвідношень;
- на п'ятому – проводились порівняння теоретичних викладок з практичними результатами.

5.2 Схема стенду для дослідження проколів ґрунту

Розроблена і створена установка для дослідження процесу проколювання (рис. 5.1). Вона складається з короба 1, в коробі виконано з кожної зі сторін по три люки розміром 150-200 мм. Короб заповнений сумішшю з піску та глини (співвідношення 8 до 2). Перед коробом встановлений механізм приводу, який складається з редуктора 2, барабану, електроприводу 3, на барабані закріплений канат 5, який через систему відхиляючих блоків 4 зв'язаний з робочими органами, що утворюють горизонтальні порожнини у ґрунті.

Ваговий термінал (рис. 5.2) типу ХК3118Т1 призначений для виміру сигналу від аналогових тензодатчиків (рис. 5.3) і перетворення в одиниці ваги (кг або фунти). Індикація ваги здійснюється на 6-ти розрядному світлодіодному дисплеї. На борту є вихід RS-232. Термінал призначений для роботи з промисловими вагами різних типів.

На фото. 5.4. представлені електродвигун, редуктор, рама, барабан, відхиляючі ролики.



Рис. 5.1. Фото станду: 1 – короб; 2 – редуктор; 3 – електродвигун; 4 – ролики; 5 – приводні канати



Рис. 5.2. Ваговий термінал



Рис. 5.3. Тензодатчик Keli DEF 750



Рис. 5.4. Механізм приводу подачі, та відхиляючі ролики

Основні технічні характеристики лабораторного стану приведені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1

Характеристики лабораторного стану

Пор. №	Параметр	Одиниця	Величина
1	Довжина робочого ходу	мм	2000
2	Робоча швидкість канату	мм/с	0-50
3	Сила тяги, максимальна (обмежена міцність каната)	Н	3150
4	Кількість робочих вікон	шт	3
3	Габарити вікна (висота/ширина)	мм/мм	150/200
5	Ваговий термінал типу		ХК3118Т1
6	Тензодатчик		Keli DEF 750
7	Діапазон зусиль, що вимірюються тензодатчиком	Н	0-7500
8	Потужність приводу	кВт	0,75
9	Редуктор черв'ячний		1Ч-80
10	Габарити короба: довжина	мм	2000
	ширина	мм	1000
	висота	мм	1000

При виконанні досліджень (для побудови графіків) використовуємо три типи ґрунтів та наш лабораторний (ґрунт яким заповнений робочий короб) їхні характеристики зведемо до таблиці 5.2.

Замір и реєстрація сил опору розробки ґрунту робочим обладнанням ґрунтопроколюючої установки здійснювався шляхом вимірювання натягу канату в двох гілках. Фіксація сили виконувався ваговим комплексом Keli XK3118T1, (рис. 5.5).

Таблиця 5.2

Фізико-механічні властивості ґрунту в каналі лабораторії кафедри
прикладної механіки та матеріалознавства

	Назва та позначення у формулах		Одиниця	Результати для ґрунту			
			МПа	Твердий су-пісок	Напів-твердий су-глинок	Тугоп-ластична глина	Експериментальний ґрунт
1	Щільність твердої фази ґрунту (щільність ґрунту при умові, що в ньому відсутні пори);	$\rho_{тв}$	т/м ³	2,7	2,7	2,73	2,65
2	Щільність ґрунту в природному стані	$\rho_{пр}$	т/м ³	2,05	2,1	2	2,65
3	Вологість природна	ω	%	14	20	30	10
4	Коефіцієнт компресії ґрунту, $c_k = 0,1\omega$	c_k	МПа ⁻¹	1,08	1,73	2,81	1,08
5	кут загострення конуса РО $2\beta = 52^\circ$	β	рад	0,4361	0,4361	0,4361	0,454
6	коефіцієнт тертя ґрунту по конусу	f		0,532	0,42	0,325	0,36
7	Діаметр конуса	D	м	0,025	0,025	0,025	0,025
8	кута внутрішнього тертя ,	φ_n	град.	0,532	0,42	0,325	0,360
9	Компресійний модуль деформації ґрунту	E_{zp}	МПа	1,390	0,892	0,631	1,317
10	довжина циліндричної частини конусного наконечника	l_y	м	0,125	0,125	0,125	0,125
11	- питома вага;	γg	кН/м ³	20,5	21	20,5	20,5
12	Висота насипу	h	м	1,5	1,5	1,5	0,5
13	- кут внутрішнього тертя;	φ_0	град.	18	23	28	18
		φ_0	рад	0,3140	0,4012	0,4884	0,314
14	Коефіцієнт зчеплення ґрунту	c	кПа	20	40	40	20
15	по модулю, для 0,5м	σ_1	кПа	55,00	112,00	118,00	60,00
16	для 0,5м	q_3	кПа	16,000	20,000	20,000	16,000
17	відношення діаметра зони пружно-пластичних деформацій до діаметра основи конусного наконечника, для 0,5 м	λ		5,800	4,750	4,250	5,900
18	модуль об'ємної деформації	E_v	кПа	14,36	11,19	9,84	10,39

Принцип дії перетворювач тиску базується на зміні опору тензорезисторів при їх деформації, наклеєних до пружного елементу S-подібного тензодатчика Keli DEF 750), який деформується під навантаженням стискаючим, або розтягуючим. Зміна опору тензорезисторів пропорційна зміні сили прикладеної до нього, а сам датчик був відкалібрований в умовах лабораторії калібрування вагів.

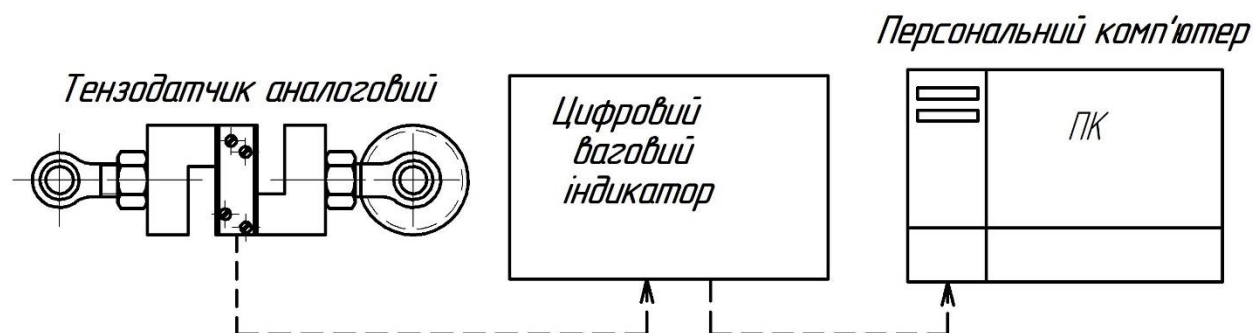


Рис. 5.5. Принципова схем вимірювального вузла

Ваговий термінал типу ХК3118Т1 (рис. 5.2) призначений для виміру сигналу від аналогових тензодатчиків типу Keli DEF 750 (рис 5.3) і перетворення в одиниці ваги (кг або фунти). Індикація ваги здійснюється на 6-ти розрядному світлодіодному дисплеї. На борту є вихід RS-232. Термінал призначений для роботи з промисловими вагами різних типів.

5.3 Опис стендового обладнання

Для перевірки гіпотези описаної в розділі 4 визначимо зусилля проколювання робочими органами теоретичні та практичні на основі експерименту.

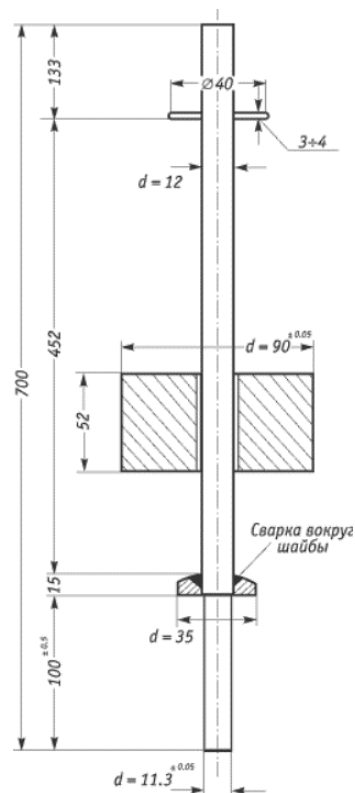
Експеримент проводитимемо по 3 рази. Ущільнюємо ґрунт, пошарово по 120-150 мм за один прохід, до твердості 10-12 ударів ударника ДорНІІ (масштабна модель рис 5.5.) твердість перевіряємо на кожному шарі ґрунту.

Дійшовши до осі отвору закладаємо канат, діаметром 3,5 мм, між двома отворами паралельно боковим стінкам та основі короба. Канат засипаємо ґрунтом та ущільнюємо, пошарово.

Вологість ґрунту перевіряємо випарювання та зважуванням зразків.



а)



б)

Рис. 5.5. Ударник ДорНІІ, що використовується для вимірювання ущільнення ґрунту: а) – фото ударника, б) – ескіз ударника ДорНІІ масштаб 1:5

5.4 Визначення розмірів досліджуваних робочих органів

Достовірність математичної моделі процесу утворення ТПГ ущільнювальним робочим органом запропонованої конструкції у випадку відсутності точного аналога підтверджує коректно виконане фізичне моделювання даного процесу. Крім того, результати фізичного моделювання можуть бути підставою для уточнення початкової математичної моделі.

В результаті фізичного моделювання згідно з розробленим планом досліджень запропоновано ряд варіантів поперечного перерізу укладання комунікацій безтраншейним способом за умови мінімізації енергетичної складової.

Розміри робочих органів для проведення експерименту з прокладання 1, 2, 3 та 4 футлярів діаметром 100 мм. Масштаб моделювання 1:5. Результати занесемо до таблиці 5.3., зображення робочих органів рис. 5.6.

Прийнявши для конусно-циліндричних та клинових робочих органів однакові умови маємо: кут при вершині конуса або клину дорівнює $2\beta = 46^\circ$, ґрунт - твердй супісок. Підставивши значення у формули (4.1) та (4.17) отримаю значення та нанесу їх до таблиці 5.4.

Для подальших розрахунків приймаємо: ґрунт

- твердий супісок – $\rho_{мс} = 2,66 \text{ т/м}^3$; $\rho_{нр} = 2,03 \text{ т/м}^3$; $\omega = 10\%$; $c_k = 1,2 \text{ МПа}^{-1}$;
- c_k – коефіцієнт компресії ґрунту ($c_k = 0,07 \dots 0,09(\omega_T - 10)$, МПа^{-1});
- $E_{cp} = \frac{(1 + \omega)\rho_{мс}}{c_k \cdot \rho_{нр}} = 4,504 \text{ МПа}$ – компресійний модуль деформації ґрунту,

для твердого супіску;

- $f = 0,532$ – коефіцієнт тертя ґрунту по РО;
- $2\beta = 46^\circ$ кут при вершині РО.
- $l_u \leq 0,2 \text{ м}$, $q_u^{cep} = \frac{D_p}{2D} \sigma_1$, довжина робочого органу;
- Глибина прокладання комунікацій $h = 0,5 - 0,6 \text{ м}$.

Тому якщо

Сила заглиблення клина плоского РО в ґрунт по формулі (4.8)

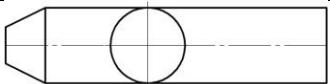
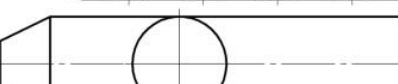
$$P_{кл.} = \frac{(n-1)d^2}{2} E_{cp} (1 + fctg\beta).$$

Сумарна сила тертя на циліндричній частині кінечно-циліндричного РО по формулі (4.29)

$$F_{тр.} = [\pi d + 2(n-1)d] b_n f \left[2c \cdot tg\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi_0}{2}\right) + \frac{a_q \cdot h}{2} \right].$$

Сумарний опір заглибленню клино-кінченного РО по формулі (4.25)

Вихідні дані для проведення експерименту.

Типи РО та отвори, які ними тримаємо, розташування в них футлярів	Габарити експериментального РО, мм		
	Діаметр, висота, ширина	Кут при вершині, 2α , град	Довжина
	$D_{po} = 25 \text{ мм}$	$\alpha = 23^\circ$	$L = 120 \text{ мм}$
	$H = 25, B = 50$	$\alpha = 23^\circ$	$L = 120 \text{ мм}$
	$H = 25, B = 75$	$\alpha = 23^\circ$	$L = 120 \text{ мм}$
	$H = 25, B = 100$	$\alpha = 23^\circ$	$L = 120 \text{ мм}$
	$D_{po} = 25 \text{ мм}$	$\alpha = 23^\circ$	$L = 120 \text{ мм}$
	$D_{po} = 50 \text{ мм}$	$\alpha = 23^\circ$	$L = 120 \text{ мм}$
	$D_{po} = 54 \text{ мм}$	$\alpha = 23^\circ$	$L = 120 \text{ мм}$
	$D_{po} = 60 \text{ мм}$	$\alpha = 23^\circ$	$L = 120 \text{ мм}$

$$P_{\Sigma} = \frac{\pi + 4(n-1)}{8} d^2 E_{ep} (1 + f \operatorname{ctg} \beta) +$$

$$+ \left[\pi d + 2(n-1)d \right] b_{\pi} f \left[2c \cdot \operatorname{tg} \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi_0}{2} \right) + \frac{a_q}{2} h \right].$$

Сила заглиблення конічної частини конічно-циліндричного РО в ґрунт по формулі

$$P_{np} = \frac{\pi E_{ep} D^2}{8} (1 + f \operatorname{ctg} \beta).$$

Сумарна сила тертя на циліндричній частині конічно-циліндричного РО по формулі

$$F_{mp} = 0,1\pi\lambda f D \sigma_1 + \pi f D (l_y - 0,2) q_3.$$

Сумарний опір заглибленню конічно-циліндричного РО по формулі

$$P_{\Sigma} = \frac{\pi E_{sp} D^2}{8} (1 + f \operatorname{ctg} \beta) + 0,1\pi\lambda f D \sigma_1 + \pi f D (l_y - 0,2) q_3.$$



Рис. 5.6. Робочі органи клинової та циліндричної форми

Вмикання та вимикання приводу лебідки протягування робочих органів виконує оператор особисто переконавшись в правильності запасовування канату, та роликів відхиляючих блоків. Ваговий термінал в цей час активовано.

Таблиця 5.4

Розрахунок протягування робочих органів в умовах експерименту

Типи РО, кількість та розташування в них футлярів	Габарити експериментального РО, мм		Сила проколу конуса/тертя по циліндру	Сумарна сила проколу конуса $P_{\Sigma, \text{кон.}}, \text{ Н}$	Сила проколу клину	Сумарна сила проколу клину $P_{\Sigma, \text{кл.}}, \text{ Н}$
			$P_{\text{пр.кон.}}, \text{ Н}$		$P_{\text{пр.кл.}}, \text{ Н}$	
	Діаметр, висота, ширина	Кут при вершині, 2α , град	$P_{\text{тр.кон.}}, \text{ Н}$		$F_{\text{тр.кл.}}, \text{ Н}$	
Нормальні розміри футляру, що протягується	Ø100 мм	Ø25 мм**				
Конусний РО, 1 футляр		$2\alpha = 46^\circ$	610 180	790	-----	
Конусний РО, 2 футляр	Ø50 мм	$2\alpha = 46^\circ$	2440 430	2870	---- ----	----
Конусний РО, 3 футляр	Ø54 мм	$2\alpha = 46^\circ$	2840 470	3310	---- ----	
Конусний РО, 4 футляр	Ø60 мм	$2\alpha = 46^\circ$	3510 550	4060	---- ----	----
Клиновий РО, 2 футляр	$H = 25, B = 50$	$2\alpha = 46^\circ$	---- ----	----	1390 208	1598
Клиновий РО, 3 футляр	$H = 25, B = 75$	$2\alpha = 46^\circ$	---- ----	----	2160 602	2762
Клиновий РО, 4 футляр	$H = 25, B = 100$	$2\alpha = 46^\circ$	---- ----	----	2940 721	3661

5.5 Проведення експерименту

При проколюванні ґрунту робочими органами клинової та клинової з виступами форми результати записуємо до таблиці 5.5. проведемо серію експериментів з 12 випробувань. Результати випробувань занесемо до таблиці 5.5. При експериментах комбінуємо протягування одного отвору конусним наконечником, а 2 клиновим, або навпаки.

За результатами побудуємо схеми розташування та зони зміни тиску на наволишне середовище та комунікації рис. 5.5- 5.8. Порівнюємо зміщення зони

деформацій ґрунту. Жовтим кольором зобразили зону не залишкових деформацій (теоретично) не спостерігається. Зони найбільших деформацій розташовані в зоні червоного кольору. Зони зображені блакитним є зона яка має значні деформації, в них спостерігаємо переміщення контрольного стрижня з пластинкою. З кожним наступним проходом зона максимальних деформацій зміщується далі від центру, а за час поки ми переналагоджуємо лабораторну установку відбувається «відпочинок» ґрунту і за рахунок цього зменшується напруження. після проходу РО червона зона поступово перетворюється на блакитну. В інших зонах спостерігати напруження здатні змістити стрижень з пластинкою ми не змогли.

Таблиця 5.5.

Результати експериментів

Типи РО, кількість та розташування в них футлярів	Габарити експериментального РО, мм		Дослід												
	Діаметр, висота, ширина	Кут при вершині, 2α , град	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Клиновий РО, 2 футляри	$H = 25$, $B = 50$	$2\alpha = 46^\circ$	1082	1078	721	478	689	755	834	856	1025	1065	950	964	
Клиновий РО, 3 футляри	$H = 25$, $B = 75$	$2\alpha = 46^\circ$	1875	2291	1782	852	1720	1750	1730	1792	2250	2264	1754	1850	
Клиновий РО, 4 футляри	$H = 25$, $B = 100$	$2\alpha = 46^\circ$	1093	1455	1145	1059	1221/0	1120	1135	1156	1520	1543	1098	1098	
Клиновий з виступами РО, 2 футляри	$H = 26$, $B = 50$	$2\alpha = 46^\circ$	1578	1396	1717	654	1424	1368	1398	1402	1412	1456	1465	1403	
Клиновий з виступами РО, 3 футляри	$H = 26$, $B = 75$	$2\alpha = 46^\circ$	2566	1291	1554	985	1802	1795	1794	1805	1812	1815	1822	1797	
Клиновий з виступами РО, 4 футляри	$H = 26$, $B = 100$	$2\alpha = 46^\circ$	1340	1631	1799	968	1645	1620	1623	1730	1740	1745	1785	1720	

За результатами експериментів побудуємо окремо графік (рис. 5.9, рис. 5.11) залежності лобового опору клинового наконечника від діаметра та кількості комунікацій, що прокладаються, для теоретичного значення, та лабораторних

дослідів, та графік сумарного опору переміщенню конічно-циліндричного накопечника рис. 5.10, рис. 5.12.

Для вимірювання внутрішніх деформацій використовуємо стержень з привареним на кінці круглою пластиною рис. 5.7. Для знерухомлення вертикальних стержнів в горизонтальному напрямку та для проведення вимірювань деформацій використовуємо кутник з просвердленими отворами та гвинтовими фіксаторами (рис. 5.8). Після остаточного заповнення контейнера ґрунтом, його ущільнення та укладання туди трьох канатів для протягування робочих органів, відпустимо фіксатори вертикальних стержнів для прибирання впливу пружної деформації кутника та більш точного вимірювання. При проведенні експериментів, вимірювання проводимо після кожного проходу, дані заносимо до таблиці.

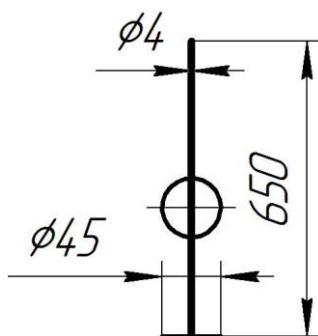


Рис. 5.7. Пристрій для вимірювання внутрішніх деформацій



Рис. 5.8. Кутник з фіксаторами для вимірювання деформацій ґрунту

Після дослідів, та отриманих даних характеристики ґрунту, побудуємо порівняльний графік залежності загального опору клинового та конічно-циліндричного наконечників від діаметра комунікацій, що прокладаються, для теоретичного значення, та лабораторних дослідів рис. 5.13 (лабораторний ґрунт).

Після побудови відповідних графіків та таблиць побудуємо графік порівняння теоретичних та практичних значень сил протягування в ґрунті РО, від діаметра та кількості футлярів, що прокладаються одночасно, та форми робочого органу $n=1-4$ шт., $h=0.5$ м: *а* – твердий супісок; *б* – напівтвердий.

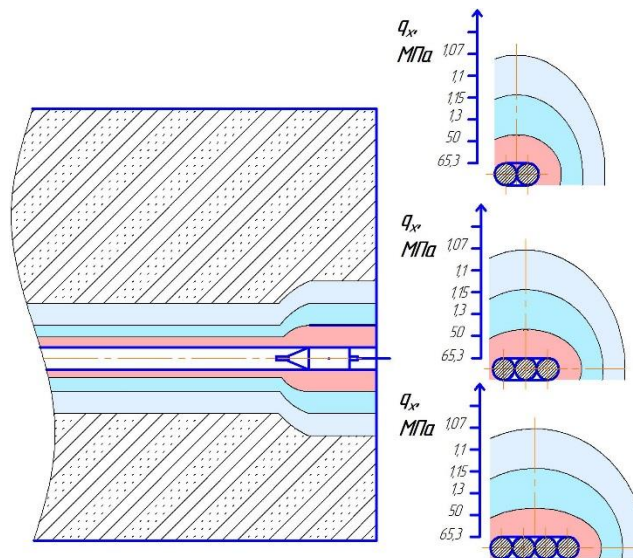


Рис. 5.9. Схема розташування клинового наконечника та футлярів, після проходження клинового РО 2, 3, 4 футляри (діаметр футляра 25 мм, товщина клина - 25 мм, та його ширина 50, 75 та 100 мм)

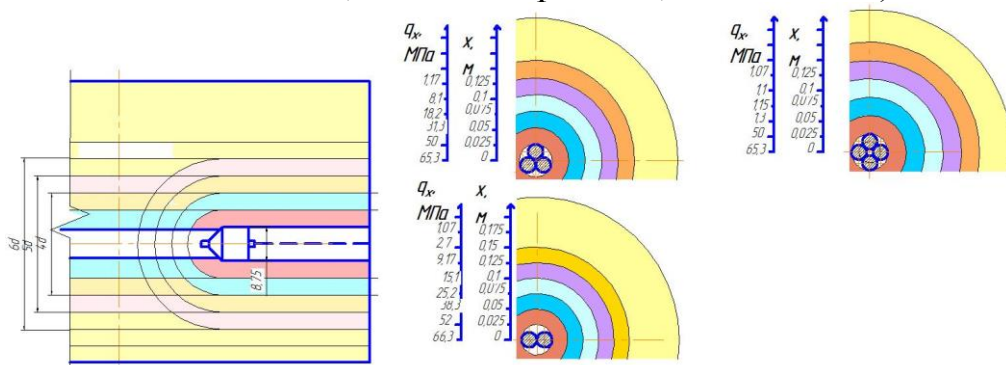


Рис. 5.10. Схема розташування клинового наконечника та футлярів, після проходження клинового РО 2, 3, 4 футляри (діаметр футляра 25 мм, товщина клина - 25 мм, та його ширина 50, 75 та 100 мм)

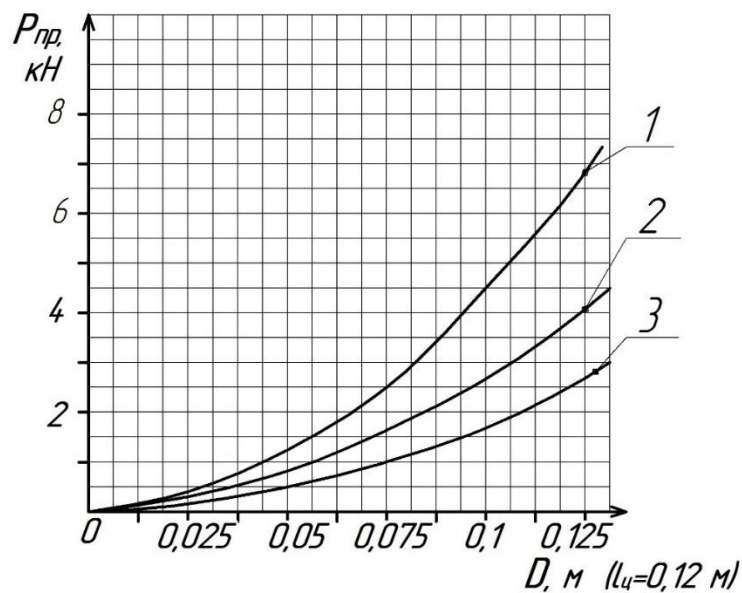


Рис. 5.11. Залежність приведенного опору клинового наконечника від діаметра комунікацій, що прокладаються: 1 – тугопластична глина; 2 – напівтвердий суглинок; 3 – твердий супісок.

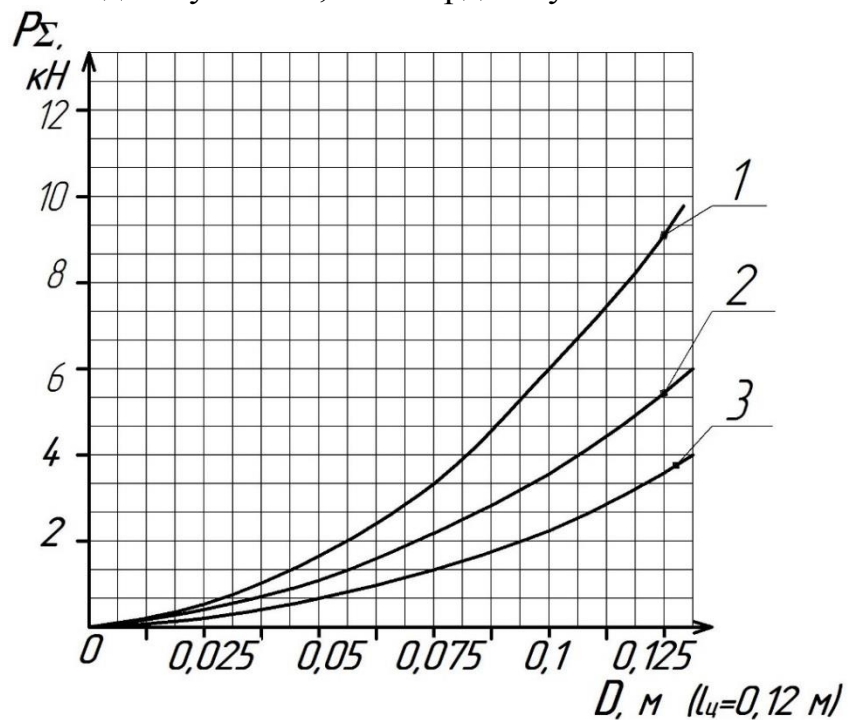


Рис. 5.12. Залежність сумарного опору переміщенню конічно-циліндричного наконечника з виступами від діаметра ($l_u=0,12$ м): 1 – твердий супісок; 2 – напівтвердий суглинок; 3 – тугопластична глина

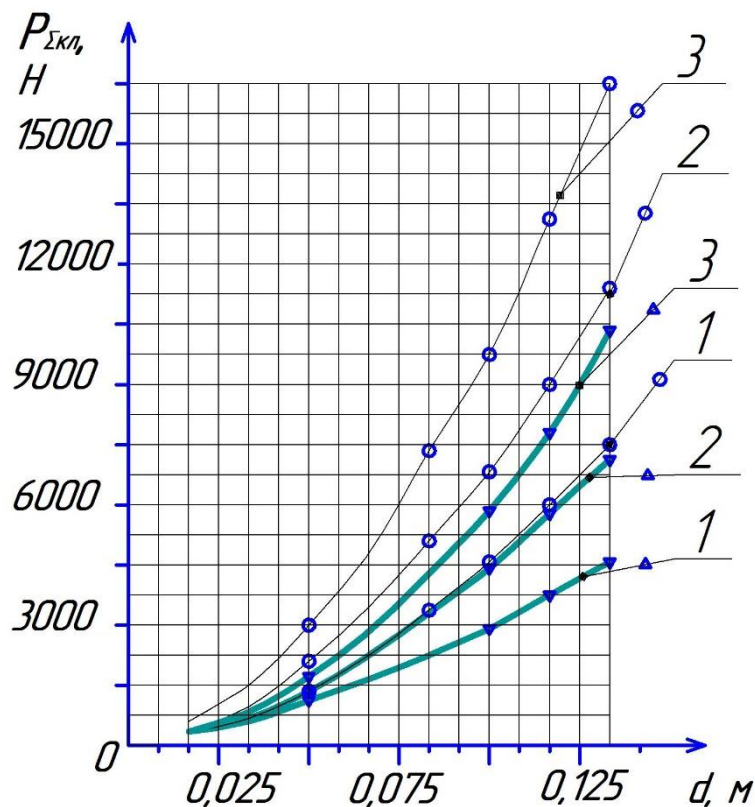


Рис. 5.13. Залежність загального опору клинового та конічно-циліндричного наконечника від діаметра та кількості комунікацій, що прокладаються ($n=1, 2, 3, 4$): 1 – теоретичне значення 2 – практичне значення. $\nabla - \nabla$ - для клинового наконечника $o - o$ - для конічно-циліндричного наконечника.

5.6 Висновки до розділу

а) Встановлено, що одночасне прокладання декількох трубопроводів більш ефективно прокладати установками статичної дії з робочим органом, у якого наконечник має клинову форму. Розрахунками встановлено, що опір ґрунту при однорядному прокладанні трубопроводів робочим органом з клиновим наконечником, в порівнянні з традиційним прокладанням декілька трубопроводів одним пучком крізь свердловину з круглим отвором, менше на:

- 50 % при прокладанні 2 футлярів;
- 31 % при прокладанні 3 футлярів;
- 20 % при прокладанні 4 футлярів;
- 19 % при прокладанні 5 футлярів;
- 44 % при прокладанні 10 футлярів.

б) Визначено закон зміни щільності ґрунту по товщині наконечника, встановили тиск ґрунту на підземні комунікації, які потрапляють у зону дії пружно-пластичних деформацій. За отриманими графіками визначили мінімальну глибину прокладання комунікацій. Слід відмітити майже лінійну залежність зміни тиску від максимального до природного по товщині робочого органу.

Розглянута форма поперечного перерізу отвору та створена аналітична залежність зміни тиску ґрунту на робочий орган від форми та кількості лінійно протяжних об'єктів, що прокладаються одночасно. Отримані залежності дають змогу стверджувати, що при такій формі отвору в залежності від кількості комунікацій, що прокладаються одночасно можна зменшити зусилля протягування. А також зменшити зону структурних змін у ґрунті навколо отриманої порожнини та тиск на сусідні комунікації у порівнянні з традиційним конусним наконечником. Таким чином можемо резюмувати, що така форма робочого органу має право на життя та з часом займе своє місце в лінійці робочих органів для безтрашнейшого прокладання футлярів.

					ДІПТ. 63 0000. 304. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

1. Іванов О.: п. 3.3, 3.4, 3.5, 3.8, 3.10, 3.12

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.

6.1 Конструювання машин, механізмів та вузлів установки направлено проколу та їх робочих органів

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

- насосної станції, що складається з двигуна внутрішнього згорання та редуктором з встановленими на ньому гідравлічними насосами, гідробаку з системою фільтрації робочої рідини, запобіжних елементів гідросистеми;

- силової установки, яка складається зі сталевих зварної рами, на якій закріплені два гідроциліндра, що переміщують редуктор з приводом, що виконує роль траверси. На рамі також змонтовано гіддорозподільники;

- набору штанг з пілотною пікою, яка обладнана зондом-датчиком для визначення положення;

- системи локації – пристрій, що сприймає сигнали від зонда і вказує його місце знаходження (положення по горизонталі та вертикалі);

					ДІП. 63 0000. 304. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

- комплекту розширювальних конусів;
- вертлюг і комплекту стаканів для затягування обсадних труб;

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 [1], та правил безпечної роботи з інструментом і пристроями [2].

6.2 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 [8].

З'єднання рукавів та трубопроводів повинні бути вільними для зовнішнього огляду. Конструкція повинна виключати тертя, скручування, перегинання 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.

6.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях

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. 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 [3, 4, 5] 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”.

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 [6].

					ДІП. 63 0000. 304. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

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

Вогнегасники потрібно захищати від впливу атмосферних опадів, сонячних променів і бруду.

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.

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 установлення установки можливе завалення ґрунтів. Причинами завалення ґрунтів в основному є розробка ґрунтів без кріплення з перевищенням критичної висоти верти-

кальних стінок траншей, котлованів, неправильна конструкція кріплення відкосів [7] ДСТУ-Н Б В.2.1-32:2014 Настанова з проектування котлованів для улаштування фундаментів і заглиблених споруд.

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. 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.

Таблиця 6.1

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	10(90)		1	0,5 (63)	1	0,5 (63)

6.4 Організація охорони праці на підприємстві (цеху, дільниці)

Навчання і перевірка знань з питань охорони праці, а також порядок допуску до самостійної роботи працівників проводиться відповідно до вимог Типового положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці [9, 10, 11] «Закон України «Про охорону праці». - Київ, 2002»; «Кодекс цивільного захисту України. - Київ, 2012.»; «НПАОП 0.00-7.11-12 Загальні вимоги стосовно забезпечення роботодавцями охорони праці працівників. Київ, 2012»

Проведення попереднього (при прийнятті на роботу) і періодичних (протягом трудової діяльності) медичних оглядів працівників, зайнятих на важких роботах, роботах зі шкідливими чи небезпечними умовами праці або таких, де є потреба у професійному доборі, а також щорічного обов'язкового медичного огляду осіб віком до 21 року повинне відповідати Порядку проведення медичного огляду працівників певних категорій, затвердженого наказом Міністерства охорони здоров'я України від 21.05.2007 № 246.

На підприємстві з урахуванням місцевих умов, відповідно до Положення про розробку інструкцій з охорони праці, повинні бути розроблені інструкції з охорони праці.

На місці виконання робіт повинна знаходитись аптечка або сумка першої допомоги, укомплектована медикаментами і перев'язувальними матеріалами, а також інструкція з надання першої допомоги.

Працівники, що обслуговують установку, забезпечуються безкоштовно спецодягом, спецвзуттям та іншими засобами індивідуального захисту відповідно до вимог Положення про порядок забезпечення працівників спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими засобами індивідуального захисту.

Робочі місця обслуговуючого персоналу повинні періодично проходити атестацію за умовами праці згідно з НПАОП 0.00-6.23-92 Порядок проведення атестації робочих місць за умовами праці [12].

Роботи на будівельному майданчику повинні виконуватись згідно з вимогами ДБН А.3.2-2-2009 „Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення” [13] згідно з розробленим і затвердженим у встановленому порядку Проектом організації будівництва, Проектом виконання робіт.

Виконання земляних робіт, транспортування розвертання на місцевості та інші роботи мають відповідати [15] «ДБН В. 1.2-4-2006 Інженерно-технічні заходи цивільного захисту / Наказ Мінбуду України від 04.08.2006 № 274. - Київ, 2007».

6.5 Ергономіка та технічна естетика

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

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.

Робота проводиться лише в сітлу частину дня відповідно до [14] «ДБН В.2.5-28-2006* Природне і штучне освітлення / Наказ Мінбуду України від 15.05.2006 №168. - Київ, 2006».

Робочі органи та органи керування проколюючої установки мають мати безпечні органи керування, для чого на силовій установці використовують гідророзподільники без фіксації важеля, та запобіжних клапанів.

					ДІП. 63 0000. 304. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77

6.7 Виробничі шкідливості та метеорологічні умови

Запиленість, загазованість. Вміст шкідливих речовин у повітрі робочої зони працівників не повинен перевищувати Гранично допустимих концентрацій (ГДК) наведених у ДСН 3.3.6.042-99. «Санитарные нормы микроклимата производственных помещений» [17].

Для боротьби запиленістю, загазованістю під час роботи на відкритому повітрі можна використовувати зволоження прилеглої території, а також користування засобами індивідуального захисту – захисні окуляри, респіратори тощо.

Вібрація – загально біологічний шкідливий чинник, що призводить до професійних захворювань – віброзахворювань, лікування яких можливо тільки на ранніх стадіях.

Ступінь і характер впливу на людину залежить від амплітуди і частоти коливань. Так, власні частоти внутрішніх органів знаходяться в області від 6 Гц до 9 Гц. Отже, вібрація машин, площадок, ручних інструментів і т. д. особливо небезпечна при частотах від 8 Гц до 12 Гц; від 17 Гц до 25 Гц і т. д., тому що вони можуть бути резонансними для органів [16].

Гігієнічну оцінку вібрації, що діє на людину у виробничих умовах [16], згідно з ГОСТ 12.1.012-90 „ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования” здійснюють за одним з наступних методів:

- частотним (спектральним) аналізом нормованого параметра;
- інтегральною оцінкою за частотою нормованого параметра;
- дозою вібрації.

Загальна вібрація, що має широкий спектр частоти, справляє несприятливий вплив на центральну нервову систему, вестибулярний апарат, шлунково-кишковий тракт, викликає запаморочення, оніміння кінцівок, захворювання суглобів. Тривалий вплив вібрації викликає фахове захворювання – вібраційну хворобу.

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 [17, 18, 19].

Згідно з ГОСТ 12.1.029-80 „ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Классификация” 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.

6.6 Електробезпека та блискавкозахист

Електробезпека – система організаційних і технічних заходів і засобів, що забезпечують захист людей від шкідливої та небезпечної дії електричного струму, електричної дуги, електричного поля і статичної електрики (ГОСТ 12.1.009-76. ССБТ. Электробезопасность. Термины и определения).

Електротравма – травма, спричинена дією на організм людини електричного струму або електричної дуги.

Електротравматизм – явище, що характеризується сукупністю електротравм.

Електроустановки – машини, апарати, лінії електропередач і допоміжне обладнання (разом із спорудами, приміщеннями, в яких вони розташовані), призначенні для виробництва, перетворення, трансформації, передачі, розподілу електричної енергії та перетворення її в інші види енергії.

					ДІПТ. 63 0000. 304. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		79

Виходячи з наведеного визначення, при експлуатації проколюючої установи основним фактором враження електричним струмом є порушення цілісності підземних кабельних ліній, що прокладені раніше та ненанесені на карти комунікацій кожен окремо взятий електродвигун, комп'ютер, внутрішня електромережа в приміщенні, будь-який побутовий прилад, що споживає електроенергію підпадає під поняття “електроустановка”.

Основними нормативними документами в галузі електробезпеки є наступні [20, 21, 22]:

– “Правила устройства электроустановок” (ПУЭ). Дія ПУЭ розповсюджується на електроустановки, що споруджуються чи реконструюються, напругою до 500 кВт. ПУЕ встановлюють загальні вимоги до будови електроустановок (розділ 1), до передачі електроенергії (розділ 2), до захисту і автоматики (розділ 3), до розподільчих пристроїв і підстанцій (розділ 5), до електричного освітлення (розділ 6), та до електрообладнання спеціальних установок (розділ 7).

- конструкція приводу має відповідати «НПАОП 40.1-1.32-01 Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок / Наказ Міністрації України від 21.06.2001 №272.-Київ, 2001»

- Захист обладнання та місця виконання робіт по «ГОСТ 12.1.030-81 Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление / Постанова Держстандарту СРСР від 15.05.1981 № 2404.

Оскільки малогабаритна установка використовується для отримання горизонтальних отворів у ґрунті при прокладанні підземних комунікацій та кабелів електромереж, а привід насосу відбувається від електродвигуна - належить до зовнішніх електроустановок, також при роботі в темну пору доби використовують освітлювальні прилади. Кожен працівник має пройти навчання та отримати посвідчення 3 кваліфікаційної групи з електробезпеки електротехнічного персоналу.

III група. Особи, що належать до цієї групи, повинні: знати будову електричних установок та вміти їх обслуговувати; мати уявлення про небезпеку під

					ДІП. 63 0000. 304. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		80

час обслуговування електричних установок; знати загальні правила безпеки, правила допуску до роботи в електричних установках, напругою до 1000 В, спеціальні правила безпеки з тих видів робіт, які входять до кола обов'язків цієї особи; вміти здійснювати нагляд за тими, хто працює з електроустановками, та надавати першу допомогу.

Керівник підприємства зобов'язаний забезпечити утримання, експлуатацію і обслуговування електроустановок відповідно до вимог чинних нормативних документів.

Для цього він повинен:

- затвердити Положення про енергетичну службу підприємства, а також посадові інструкції і інструкції з охорони праці;
- забезпечити перевірку знань працівників у встановлені строки згідно з вимогами цих Правил і "Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей (далі ПТЕ);
- забезпечити проведення протиаварійних, приймально-здавальних і профілактичних випробувань та вимірювань електроустановок згідно з правилами і нормами (ПТЕ).

Вимоги до працівників. Порядок навчання і перевірки знань працівників має бути відповідним до галузевого положення про навчання, інструктаж і перевірку знань працівників з питань охорони праці, узгодженого з Держпраці, а також до вимог до електротехнічної обслуги, які містяться в ПТЕ.

Первинний (під час прийняття на роботу) та періодичний (протягом трудової діяльності) медичний огляд працівників провадиться згідно з Положенням про медичний огляд працівників певних категорій, затвердженим наказом Міністерства охорони здоров'я України від 31.03.94 N 45, зареєстрований в Міністерстві юстиції України 21.06.94 за N 136/345.

Працівники, що обслуговують електроустановки, зобов'язані знати ці Правила відповідно до займаної посади чи роботи, яку вони виконують, і мати відповідну групу з електробезпеки.

					ДПТ. 63 0000. 304. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		81

Для одержання груп II-III працівники мають:

- а) чітко усвідомлювати небезпеку, пов'язану з роботою в електроустановках;
- б) знати і уміти застосувати на практиці ці та інші правила безпеки в обсязі, потрібному для роботи, яка виконується;
- в) знати будову і улаштування електроустановок;
- г) уміти практично надавати першу допомогу потерпілим в разі нещасних випадків, в тому числі застосовувати способи штучного дихання і зовнішнього масажу серця;

Працівнику, який пройшов перевірку знань Правил, видається посвідчення встановленої додатком 2 до цих Правил форми, яке він зобов'язаний мати при собі під час роботи.

Посвідчення про перевірку знань працівника є документом, який засвідчує право на самостійну роботу в електроустановках на зазначеній посаді за фахом.

Посвідчення про перевірку знань видається працівникові комісією з перевірки знань підприємства, організації після перевірки знань і є дійсним тільки після внесення відповідних записів.

Під час виконання службових обов'язків працівник повинен мати з собою посвідчення про перевірку знань. За відсутності посвідчення, або за наявності посвідчення з простроченими термінами перевірки знань, працівник до роботи не допускається.

Посвідчення про перевірку знань підлягає заміні у випадку зміни посади або за відсутності місця для записів.

Посвідчення про перевірку знань вилучається у працівника комісією з перевірки знань в разі незадовільних знань, керівником структурного підрозділу - в разі вигасання терміну дії медичного огляду.

Посвідчення про перевірку знань складається з твердої обкладинки і блоку сторінок.

					ДІПТ. 63 0000. 304. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		82

ВИСНОВОК

В роботі розглянуті основні питання «Дослідження параметрів плоских робочих органів проколюючих машин для утворення отворів у ґрунті».

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 для

					ДІП. 63 0000. 304. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		83

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, недосконалою вимірювання, та важкістю контролю вологості в умовах лабораторії. Цей пункт потребує подальшого опрацювання.

					ДІТ. 63 0000. 304. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		84

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. НПАОП 0.00-1.59-87 Правила безпеки і безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском [Текст] / Наказ Держгіртехнагляд СРСР від 27.11.1987/
2. НПАОП 0.00-1.71-13 Правила безпечної роботи з інструментом і пристроями [Текст]: Наказ Міністерства енергетики України від 19.12.2013 № 966. - Київ, 2013.
3. НАПБ А.01.001-2015 Правила пожежної безпеки в Україні
4. ДБН В.1.1-7-2002 „Пожежна безпека об'єктів будівництва”
5. Кодекс цивільного захисту України [Текст]. (КЦЗУ) 2018 м. Київ 2 жовтня 2012 року № 5403-VI <http://minagro.gov.ua/node/2998>.
6. ГОСТ 12.1.004-91 Пожарная безопасность. Общие требования [Текст] / Постанова Держ. Комітету СРСР з управління якістю продукції та стандартів від 14.06.91 № 875, перевидано 01.07.1992.
7. ДСТУ-Н Б В.2.1-32:2014 Настанова з проектування котлованів для улаштування фундаментів і заглиблених споруд
8. ДСТУ 2514-94 Станції компресорні пересувні. Вимоги безпеки [Текст] / Наказ Держстандарту України від 24.05.1994 № 119. - Київ, 1994.
9. Закон України «Про охорону праці» [Текст], [із змінами]. - Київ, 2002.
10. Кодекс цивільного захисту України [Текст]. - Київ, 2012.
11. НПАОП 0.00-7.11-12 Загальні вимоги стосовно забезпечення роботодавцями охорони праці працівників [Текст] / Наказ МНС України від 25.01.2012 №67. -Київ, 2012.
12. НПАОП 0.00-6.23-92 Порядок проведення атестації робочих місць за умовами праці.
13. ДБН А.3.2-2-2009 „Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення.
14. ДБН В.2.5-28-2006* Природне і штучне освітлення [Текст] / Наказ Міністерства будівництва України від 15.05.2006 №168. - Київ, 2006

					ДІП. 63 0000. 304. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		85

15. ДБН В. 1.2-4-2006 Інженерно-технічні заходи цивільного захисту [Текст] / Наказ Мінбуду України від 04.08.2006 № 274. - Київ, 2007.

16. ДСТУ ГОСТ 12.1.012:2008 „ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования (з обмеженою сферою застосування - тільки в питанні гігієнічного нормування в галузі вібрації)”

17. ДСН 3.3.6.037-99 „Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку”.

18. ГОСТ 12.1.003-83 „ССБТ, Шум. Общие требования безопасности.

19. ГОСТ 12.1.029-80 „ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Классификация.

20. НПАОП 40.1-1.32-01 Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок [Текст] / Наказ Мінпраці України від 21.06.2001 №272.-Київ, 2001

21. ПУЕ Правила улаштування електроустановок (перше переглянуте, перероблене, доповнене та адаптоване до умов України видання) Наказ від 21.07.2017 № 476, Міністерство енергетики та вугільної промисловості України. Київ 2017.

22. ГОСТ 12.1.030-81 Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление [Текст] / Постанова Держстандарту СРСР від 15.05.1981 № 2404.

23. Минаев В. И. Машины для строительства магистральных трубопроводов. Учебник для ВУЗов. 2-е изд. перераб. и доп. / Минаев В. И. – М.: Недра, 1985. – 440с.

24. Лысиков Б.А. Подземная инфраструктура городов (опыт зарубежного строительства). Монография. / Б.А. Лысиков, Л.Л. Кауфман. – Донецк: Норд-Пресс, 2004. – 204 с.

25. Кравець С., Посмітюха О., Супонев В. Визначення еквівалентного і оптимального діаметрів конічного наконечника з виступами для проколювання ґрунту // НІТ ДНУЗТ. 2017. Вип. 70. С. 89–98.

26. Машины для бестраншейной прокладки подземных коммуникаций / С.В. Кравец, Н.Д. Каслин, В.К. Руднев, В.Н. Супонев. – Х.: ООО «Фавор», 2008. – 256 с.

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

28. 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

29. Томин Е. Д. Бестраншейное строительство закрытого дренажа. М.: Колос, 1981. 240 с.

30. Posmituha Alexander et al. Determination of the size of the seal zone and the pressure of the soil on underground communications in the process of deformation of the soil by the wedge tip. Технологічний аудит та резерви виробництва, [S.l.], v. 5, n. 1(43), p. 11-16, may. 2018. ISSN 2312-8372. Доступно за адресою: <http://journals.uran.ua/tarp/article/view/146626>. Дата доступу: 03 Dec. 2020 DOI: <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2018.146626>

31. Метод прокола [Электронный ресурс]. – Режим доступа к журналу: <http://no-dig.odessa.ua>. Перевірено: 16.12.2019

32. Федорчук Г.Ф., Фурсович М.О., Жеребят'єв О.В. Механіка ґрунтів. Лабораторний практикум. Видання друге перероблене і доповнене. Рівне НУВГП 2014.

33. О технологии бестраншейной прокладки трубопроводов [Электронный ресурс]. – Режим доступа к журналу: <http://oolis.ru>.

34. Гурков К. С. Дальнейшее развитие применения пневмопробойников в строительстве / К.С. Гурков, Ф.М. Муталов, Б.Н. Смоляницкий // Механизация строительства. – 1993. – №1. – С. 9 – 11.

35. Караваев Н.П. Может ли пневмопробойник двигаться в грунте по горизонтальной прямой. / Н.П. Караваев // Механизация строительства. - 1993. – №6. – С. 28 – 29.

36. Васильев С. Г. Подземное строительство неглубокого заложения / С. Г. Васильев. – Львов.: Вища школа. Изд-во при Львов. ун-те, 1980.- 144 с.

37. Бестраншейные технологии прокладки подземных коммуникаций (начало) / Строительные и дорожные машины. – 2010. – №2. – С.8 – 13.

38. Бестраншейные технологии прокладки подземных коммуникаций (окончание) / Строительные и дорожные машины. – 2010. – №3. – С. 13 – 18.

39. Звежховска А. Безтраншейне прокладання трубопроводів за допомогою гідравлічних агрегатів для продавлювання із пілотним бурінням / А. Звежховска // Ринок інсталяцій. – 2009. – №9. С. 6 – 12.

40. Посмітюха О.П. Обґрунтування поперечного перерізу безтраншейно утворених технологічних порожнин у ґрунті для комунікацій / О.П. Посмітюха, К.Ц. Главацький // Вестник ХНАДУ. Сб. науч. ст. Х.: – 2012. Вип. 57. – С. 195 – 202.

41. Захаров В.А., Ващук И.М., Аранзон М.И. Аналитическое исследование процесса внедрения клиновидного рабочего органа ударных машин в мерзлый грунт / Тр. ВНИИСтройдормаш. Вып. 71. – М.: 1976

42. 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. – С. 201-2013.

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

44. 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. – С. 201-2013.

45. Григорьев А.С. Обоснование и выбор параметров продавливающих установок для бестраншейной технологии строительства подземных инженерных коммуникаций: дис. к.т.н.: 05.05.06 / Григорьев Александр Сергеевич. – М., 2005. – 112 с.

46. Михельсон, И. С. Определение напряжений в грунте при внедрении рабочего инструмента бестраншейной прокладывающей машины [Текст] / И. С. Михельсон // Вестн. Саратов. гос. техн. ун-та. – Саратов, 2011. – Вып. 1. – С. 80–84.

47. Ромакин, Н. Е. Усилие внедрения и оптимальный угол заострения рабочего наконечника при статическом проколе грунта [Текст] / Н. Е. Ромакин, Н. В. Малкова // Строительные и дорожные машины. – 2006. – № 10. – С. 35–37.

48. Патент 42104, UA // Реверсивний підземнорухомий пристрій / [Текст] / В. В. Древецького, В. В. Кованько, О.В. Кованько; 27.08.2012 - Режим доступа: <http://uapatents.com/3-42104-reversivnijj-pidzemnorukhomijj-pristriij.html>. Перевірено: 11.12.2019.

49. Патент 72790 UA // Спосіб розширення горизонтальної свердловини / [Текст] / В. І. Олексин, В. М. Супонев, М. Д. Каолін, В. К. Руднев.; 27.02.2001 - Режим доступа: <http://uapatents.com/5-72790-sposib-rozshirennya-gorizontально-sverdlovini.html>. Перевірено: 11.12.2019.

50. 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 – 75.

51. ДБН В.2.1-10-2009. Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування [Електронний ресурс]. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2009. – 161

					ДІП. 63 0000. 304. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		89

с. – Режим доступу: http://dbn.at.ua/load/normativy/dbn/dbn_v21_10_2009/1-1-0-319. – Назва з екрана. – Перевірено: 19.07.2017.

52. 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.

53. Гольдштейн П. Н. Механические свойства грунтов: напряженно-деформированные характеристики грунтов / П. Н. Гольдштейн – М.: Стройиздат, 1979. – 304 с.

54. Ешуткин Д. Н. Высокопроизводительные гидropневматические ударные машины для прокладки инженерных коммуникаций / Д. Н. Ешуткин, Ю. П. Смирнов, В. И. Цой, В. Л. Исаев. под ред. Д. Н. Ешуткин. – М.: Стройиздат, 1990. – 176 с

55. Кравець С., Посмітюха О., Супонєв В. Аналітичний спосіб визначення опору занурення конусного наконечника в ґрунт // СММ ПДАБА. 2017. Вып. 103. С. 91–98.

56. Полтавцев И. С. Специальные землеройные машины и механизмы для городского строительства / И. С. Полтавцев, В. Б. Орлов. И. Ф. Ляхович – К.: Будівельник, 1977. – 136 с.

					ДІТ. 63 0000. 304. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		90