

ЗАЯВА

Я. Голиборода Денис Васильович
(ПІБ, повністю)

Студент групи ПМ2026
(шифр групи)

Спеціальність 133 Галузеве машинобудування

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

освітнього ступеня підготовки магістр
(бакалавр, магістр)

Заявляю, що моя випускна кваліфікаційна робота на тему:

«Методика визначення зусилля ступінчатого розширювання технологічних
порожнин у ґрунті для лінійно протяжних об'єктів»

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

Прошу перевірити її на наявність академічного плагіату.

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

Дата

Підпис

Керівник

Підпис

Посмітюха О.П.

Голиборода Д.В.

Довідка
про відсутність плагіату у випускній кваліфікаційній роботі

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

ДОВІДКА

За результатами перевірки випускної кваліфікаційної роботи здобувача вищої освіти

Голиборода Дениса Васильовича

(прізвище, ім'я, по-батькові)

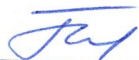
на тему: «Методика визначення зусилля ступінчатого розширювання технологічних порожнин у ґрунті для лінійно протяжних об'єктів»

в роботі не виявлено порушень академічної доброчесності.

Перевіркою на плагіат по програмі UNICHECK від 14.12.2021 р. встановлено, що рівень унікальності тексту ВКР складає 63,8%. Але при детальному розгляді документу з'ясувалося, що дані збіги не є проявом плагіату, оскільки вони стосуються окремих технічних термінів, методик та норм, які є загально вживаними і типовими для багатьох технічних джерел інформації.

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

Керівник ВКР




/О. П. Посмітюха/

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

«ДО ЗАХИСТУ»

Завідувач кафедри

 /Сергій РАКША/
« _____ » _____ 2021 р.

ДИПЛОМНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Галузь знань **13 Механічна інженерія**

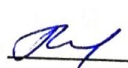
Спеціальність **133 Галузеве машинобудування**

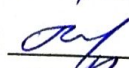
Освітньо-професійна програма **Підйомно-транспортні, будівельні, дорожні, меліоративні машини та обладнання**

Тема **Методика визначення зусилля ступінчатого розширювання технологічних порожнин у ґрунті для лінійно протяжних об'єктів**

Theme **Method of determining solution of step extension of technological solutions in soil for linearly extended objects**

ДІТ.630000.302 ДПМР

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

Нормоконтролер ст. викладач  **Олександр ПОСМІТЮХА**

Студент групи ПМ 2026  **Денис ГОЛИБОРОДА**

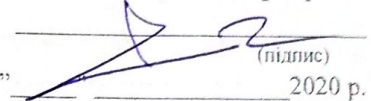
Student **Holyboroda Denys**

Дніпро – 2021

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

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Завідувач кафедри


(підпис)
2020 р.

ЗАВДАННЯ

до дипломного проекту на здобуття ОС «магістр»

студента групи

ПМ2026
(номер групи)

Голиборода Денис Васильович
(прізвище, ім'я та по батькові)

1. Тема дипломної роботи: «Методика визначення зусилля ступінчатого розширювання технологічних порожнин у ґрунті для лінійно протяжних об'єктів»

Затверджена наказом по університету № 768ст від 28 грудня 2020 р.

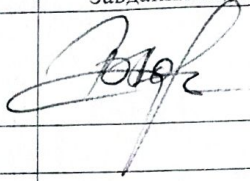
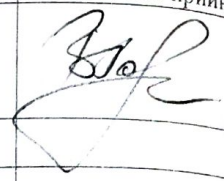
2. Термін подання студентом закінченої роботи 13.12.2021 р.

3. Вихідні дані до магістерської роботи: тип ґрунту в якому проводяться досліди, тип, розміри та кількість футлярів, що прокладаються одночасно, коефіцієнт компресії лабораторного ґрунту, робочі характеристики стенду, сила тяги та швидкість протягування робочого органу

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань до розробки) Вступ. 1. Огляд стану питання технології безтраншейного прокладання комунікацій. 2 Патентний огляд та огляд досліджень. 3 Дослідження параметрів робочих органів проколюючих машин. 4 Аналіз впливу форми та розмірів робочого органу на силу проколювання ґрунту. 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. 2. Огляд варіантів безтраншейного прокладання підземних комунікацій – вібропроколювання, віброударне проколювання. 3. Патентний огляд. 4. Лабораторна установка та робочі органи. 5. Визначення сили розширення ТПГ. 7. Рекомендації по заходах протипожежної безпеки яка може трапитись на місці виконання робіт.

6. Розділи та консультанти

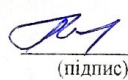
Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	ст. викл. Лоза В.Г.		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

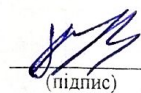
№ п/п	Назва розділів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання розділів проекту (роботи)	Примітка
1	Огляд стану питання технології безтраншейного прокладання комунікацій	20.09-10.10.2021	виконано
	Огляд варіантів безтраншейного прокладання підземних комунікацій – проколювання.		
	Огляд варіантів безтраншейного прокладання підземних комунікацій – шнекове буріння, ГНБ буріння.		
2	Патентний огляд та огляд досліджень	11.10-30.10.2021	виконано
	Патентний огляд		
	Дослідження параметрів робочих органів проколюючих машин		
	Лабораторна установка та робочі органи.		
3	Аналіз впливу форми та розмірів робочого органу на силу проколювання ґрунту	01.11-20.11.2021	виконано
	Методи експериментальних досліджень		
	Визначення сили розширення ТПГ		
4	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	1-13.12.2021	виконано
	Рекомендації по заходах протипожежної безпеки яка може трапитись на місці виконання робіт		
	Вступ.		
	Висновки.		
	Бібліографічний список.		

Дата видачі завдання 10 січня 2020 року

Керівник дипломної роботи

 І.О. Послишко
(підпис) (ПІБ)

Завдання прийняв до виконання

 Толуборода Д.В.
(підпис) (ПІБ)

РЕФЕРАТ

Кількість

томів:

1

В пояснювальній записці всього 80 сторінок

Найменування роботи: Методика визначення зусилля ступінчатого розширювання технологічних порожнин у ґрунті для лінійно протяжних об'єктів

Ілюстрації: схем _____, рисунків 25

графіків _____, фотографій _____

таблиць 7.

Ключові слова: ґрунт, прокол ґрунту, технологічна порожнина у ґрунті ТПГ, робочий орган РО, наконечник, конічно-циліндричний робочий орган, тиск ґрунту, розширення ТПГ.

Текст реферату: В роботі проведено огляд варіантів отримання технологічних порожнин у ґрунті ТПГ для прокладання лінійно протяжних об'єктів ЛПО, проведено патентний огляд варіантів проколювання отворів та їх розширення, приведена теорія визначення опору переміщення конусно-циліндричного робочого органу в залежності від характеристик ґрунту, знайдена залежність впливу розміру наконечника від діаметра та кількості футлярів, що прокладаються одночасно. Наведено теорію визначення сили проколу при поступовому розширенні ТПГ РО конусно-циліндричної форми. Проведено експериментальні дослідження на лабораторній установці кафедри прикладної механіки та матеріалознавства по підтвердженню теорії. Проведено аналіз небезпечних і шкідливих факторів при роботі проколюючої та лабораторних установок, розроблені рекомендації по заходах протипожежної безпеки яка може трапитись на місці виконання робіт.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 ОГЛЯД СТАНУ ПИТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ БЕЗТРАНШЕЙНОГО ПРОКЛАДАННЯ КОМУНІКАЦІЙ	7
1.1 Прокладання кабельних лінійно протяжних об'єктів	7
1.2 Прокладання комунікацій	10
1.3 Статичний прокол та продавлювання	11
1.4 Динамічний прокол	17
2 ПАТЕНТНИЙ ОГЛЯД ТА ОГЛЯД ДОСЛІДЖЕНЬ	21
2.1 Спосіб розширення горизонтальної свердловини	21
2.2 Пристрій для безтраншейного прокладення трубопроводів методом проколу	25
2.3 Пристрій для розширення свердловини при безтраншейному прокладенні трубопроводу	28
3 АНАЛІЗ ВПЛИВУ РОЗМІРІВ РОБОЧОГО ОРГАНУ НА СИЛУ ПРОКОЛЮВАННЯ ҐРУНТУ	36
3.1 Визначення фізико-механічних параметрів лабораторного ґрунту	36
3.2 Лабораторна установка та робочі органи для дослідження проколів ґрунту	42
3.3 Визначення зусилля проколювання ґрунту конусно-циліндричним РО	48
3.4 Визначення опору розширення ТПГ конусно-циліндричними РО56	56
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ. ПОЖЕЖА НА ЛАБОРАТОРІЇ ЗАХОДИ ПРОТИПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ, ІНСТРУКТАЖІ ТА ЇХ ПРОВЕДЕННЯ	61
4.1 Організаційні заходи щодо забезпечення пожежної безпеки	61
4.2 Загальні вимоги пожежної безпеки до інженерного обладнання	64
4.3 Електроустановки	65
4.4 Основні правила евакуації при пожежі в лабораторії	66
ВИСНОВОК	72
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК	73

ДПТ. 6300000. 302. МРПЗ				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		Голиборода Д		
Перевір.		Посмітюха О.		
Реценз.				
Н. Копр.		Посмітюха О.		
Запвер.		Ракніс		
Методика визначення зусилля ступінчатого розширювання технологічних порожнин у ґрунті для лінійно протяжних об'єктів				
			Літ.	Арк.
			5	77
				Арк.
ДПТ. 6300000. 302. МРПЗ, гр. ПМ2026				5

ВСТУП

Сьогодення вимагає збільшення продуктивності, якості та зменшення вартості виконання робіт з прокладання підземних лінійно-протяжних об'єктів ЛПО у містах та селах України. Одним із варіантів цього є безтраншейні технології, що дають змогу збільшити швидкість виконання робіт та зменшити їх собівартість за рахунок меншої кількості земляних робіт та кількості робітників. Окрім цього зменшення об'ємів робіт по відновлюванню території та відсутність заторів на вулицях та незручностей мешканцям є суттєвим фактором в підтримку безтраншейних технологій.

Традиційно для цього використовують горизонтально спрямоване буріння ГНБ, керовані або некеровані проколи, продавлювання, шнекове буріння, промивання, тощо.

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

Проведення робіт особливо ускладнене в центральній, частині міста. Основними комунікаціями при цьому є розподільчі мережі, які забезпечують постачання електроенергії, води, 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, 30-60 або 40-90 м.

Суттєвим недоліком існуючих ґрунтопроколюючих установок статичної дії є сила проколювання, що може сягати декількох десятків тон, що потребує великогабаритних установок. Значні порожнини, що не заповнені ні ґрунтом ні об'єктом, що прокладається, та відхилення від проектної траєкторії, суттєво звужує використання даної технології в межах 20 – 30м. Тому основним питанням, яке розглянуте в роботі є вибір параметрів робочих органів для отримання технологічних порожнин при прокладанні підземних комунікацій.

					ДІПТ. 6300000. 302. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

1 ОГЛЯД СТАНУ ПИТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ БЕЗТРАНШЕЙНОГО ПРОКЛАДАННЯ КОМУНІКАЦІЙ

1.1 Прокладання кабельних лінійно протяжних об'єктів

Безперервне зростання об'ємів прокладки силових кабельних ліній в землі висуває завдання вдосконалення тієї, що існує і створення нової прогресивної технології прокладки кабелів, а також створення високопродуктивної кабелеукладальної техніки. Застосування безтраншейного способу відкриває можливість комплексної механізації монтажних робіт, що забезпечує разом із традиційним способом прокладки комунікацій в задалегідь відкриту траншею зниження трудовитрат в 4,5 – 5 разів [1, 2, 6].

Впровадження безтраншейного способу разом з техніко-економічними перевагами забезпечує вирішення ряду важливих народногосподарських завдань і зокрема збереження земельних угідь в процесі прокладки кабельних ліній (рис. 1.1). Гідністю безтраншейної прокладки є підвищення надійності змонтованих кабельних ліній, що знайшло своє підтвердження багатолітнім застосуванням її за кордоном. Слід зазначити, що умови експлуатації кабельної техніки за відсутності нижнього і верхнього шарів, тих що є штучним підсипанням землі, не погіршуються, режим охолодження кабелю і збереження його зовнішньої оболонки знаходяться в нормальних межах. В результаті здатність навантаження кабельної лінії знаходиться на необхідному рівні.

Вибір безтраншейного способу прокладки кабелів залежить від діаметру і довжини прокладання кабелю [3], фізико-механічних властивостей і гідрологічних умов ґрунтів, що розробляються [4, 5]. Коли необхідно прокласти кабель малих чи середніх діаметрів в ґрунті який не має великих включень і більш менш однорідний, доцільно використовувати метод проколу (адже при необхідності прокладання труб великого діаметру потрібно розвинути велике зусилля бо при проколі ґрунту виникає дуже великий опір і сила тертя об ґрунт, що збільшує габаритні розміри установки що є не доцільним і роботи можуть

					ДІПТ. 6300000. 302. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

виконатись іншим методом наприклад горизонтальним бурінням), при цьому виникають деякі проблеми [7]. По-перше, так як більшість установок не самостійні потрібно передбачити транспорт і машини для доставки установки до місця проведення робіт, а також для їх монтажу в робоче положення і демонтаж установки після завершення роботи. З цього виходить наступна необхідність існування під'їзних шляхів до місця проведення роботи, а також безпечно встановлення засобів монтажу і демонтажу на місці проведення роботи.



Рис. 1.1. Безтраншейне прокладання групи кабелів зв'язку в азбестовому футлярі безтраншейним способом

Найпершою проблемою при прокладанні кабелю безтраншейним способом є доступ до можливих установок агрегатів і обладнання якими можна виконати прокладку кабелю, адже не всі будівельні організації та інші організації мають необхідне обладнання, яке доступне на сьогоднішній день в даний необхідний час. Також на вибір установок агрегатів і обладнання впливає час проведення робіт (пора року, кліматичні умови), велику роль у виборі машин або обладнання також має місце проведення робіт, бо при проведенні робіт у

					ДІПТ. 6300000. 302. МРІЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

відкритих ділянках без перешкод, доріг, зміни рельєфів можливо доцільніше використовувати відкриті (траншейні) способи прокладання кабелю. Перш ніж використовувати технології прокладки необхідно пройти, перевірити і прозондувати ґрунти, переконатися у відсутності перетину траєкторії з вже прокладеними кабелями. Отримані дані дуже важливі для правильного підбору і настройки устаткування, що також є особливістю використання технології прокладання кабелю; враховується також і те, що прокладання самого кабелю практично неможливе (тільки при великих діаметрах кабелю і невеликих відстанях прокладки, а також створення необхідної установки), для цього виконується встановлення захисних кожухів, труб та колекторів в які потім укладаються кабелі.

Наступною проблемою яка може виникнути при прокладання кабелю таким способом це можливість спорудження котловану, колодязю або траншеї в яку буде встановлюватися машина (установка). Однією з найбільших проблем при такому методі прокладання кабелю є збереження необхідної траєкторії проколу ґрунту, адже ґрунт не може бути проведений повністю і перешкоди в ґрунті, або навіть сила опору при проколі можуть змінити цю траєкторію. Так як зміни траєкторії майже неминучі (з досліджень) потрібно мінімізувати це відхилення до допустимого. Для цього можуть виконуватись попередні розрахунки, застосовуватись необхідні прилади.

Так як інші методи безтраншейної прокладки характеризуються більшими робочими діаметрами які при протягуванні кабелю використовуються дуже рідко то використовувати ці методи буде не доцільно, адже це призведе до більших затрат.

Традиційні траншейні методи доцільно використовувати при спорудженні ліній в польових умовах або при великій кількості одночасно протягваних ЛПО великого поперечного перетину, або при спорудженні нових житлових масивів за умови завчасного проектування мереж (рис. 1.2) [7].

					ДІПТ. 6300000. 302. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9



а)

б)



в)

Рис. 1.2. Традиційний відкритий спосіб прокладання ЛПО: групи кабелів зв'язку в лотку та пластикових футлярах а), електропостачання в залізо-бетонному лотку з додатковим кріпленням та засипанням піщаною сумішшю б), електропостачання в траншеї на піщану основу, цегляним розділенням груп та засипанням піщаною сумішшю і накриванням плитами в)

1.2 Прокладання комунікацій

При прокладці комунікацій під дорогами і іншими перешкодами в принципі можливі два основні способи виконання робіт – відкритий і закритий [6, 8, 9].

При відкритому потрібне розкопування упоперек дороги траншеї з пошкодженням дорожнього покриття і зупинкою руху транспорту по ній на час прокладки комунікацій. Все це природно зв'язано з рядом незручностей для пасажирів, транспорту і, крім того, спричиняє за собою подорожання робіт,

					ДІТ. 6300000. 302. МРІЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

оскільки виникає необхідність відновлення дорожнього покриття і елементів впорядкування в місці переходу.

Перспективнішими є закриті методи прокладки труб під дорогами, що не вимагають розробки траншей. При прокладці труб безтраншейними способами спочатку під дорогами влаштовують захисні кожухи або футляри, а потім в них прокладають самі робочі трубопроводи. Щоб це стало можливим, діаметр кожуха (футляра) повинен бути більшим, ніж діаметр трубопроводу, що прокладається.

Для захисних кожухів (футлярів) застосовують сталеві труби: безшовні гарячекатані, зварні прямо шовні і спіральні-шовні. Гарячекатані застосовують тільки для кожухів переходів трубопроводів діаметром до 273 мм, а для трубопроводів великих діаметрів використовують зазвичай великорозмірні зварні прямо- або спіральні-шовні труби.

Довжину кожуха визначають виходячи з ширини дорожнього полотна (або дорожньому насипу) і нормативних відстаней, що рекомендуються. Оберегають кожухи від корозії азбесто- або піщано-цементними, асфальтоцементобітумними, епоксидними або полімерними антикорозійними покриттями, що наносяться на їх поверхню [1-2, 7, 10-13].

Закриту прокладку труб кожухів (футлярів) виконують в основному способами проколу, продавлювання, горизонтального буріння, а для прокладки колекторів і тунелів застосовують щитовий і штольневий способи підземних проходок.

1.3 Статичний прокол та продавлювання

Прокол краще застосовувати для прокладки труб малих і середніх діаметрів (не більше 400-500 мм) в глинистих і суглинних (зв'язкових) ґрунтах. Обмеження діаметру проколювання отвору обумовлене тим, що при цьому

					ДІТ. 6300000. 302. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

способі масив ґрунту проколюють трубою, оснащеною наконечником, без видалення ґрунту зі свердловини, унаслідок чого для проколу потрібні значні зусилля. У зв'язку з цим і довжина проколу труб не перевищує 60 – 80 м [6].

Статичним проколюванням комунікації прокладають в ґрунтах I - III категорії сталеві трубопроводи (рис. 1.3.) діаметром 529-1720 мм, а також збірні залізобетонні колектори і тунелі різного призначення на довжину до 60-80 м, або при допомозі набору конусних розширювачів, що протягуються з прийомного до стартового приймка після отримання пілотного отвору. При проколюванні трубопровід (футляр) вдавлюють в масив ґрунту відкритим (закритим) кінцем, забезпеченим кільцевим ножом (наконечником), а ґрунт ущільнюється в стінки, або поступає всередину труби де його розробляють і видаляють через трубопровід, що прокладається, ручним або механізованим способом.

Залежно від матеріалу комунікації ці відстані повинні складати: для сталевих газопроводу або водопроводу - не менше 0,8 м; до водопроводу з чавунних труб - не менше п'яти діаметрів (5d) труби, що прокладається; до залізобетонних і керамічних труб - не менше шести діаметрів (6d) до водостоку з бетонних труб - не менше чотирьох діаметрів 4d; до електричних кабелів - не менше 0,6 м.

В якості продавлюючих пристроїв застосовують установки насосних домкратів, що включають парне число однотипних домкратів вантажопідйомністю 170-500 т кожен з ходом штоків 1150-1600 мм. Зусилля від домкратів передаються трубі, що прокладається, через задній її торець за допомогою сталевий натискної рами (траверси) або сталевий натискний кільця, що рівномірно розподіляють тиск по периметру торця трубопроводу.

Розробку ґрунту, що входить у відкритий кінець труби, виконують вручну (при великих її діаметрах) із застосуванням ручних машин ударної дії і шанцевого інструменту або з допомогою механічних робочих органів ковшового, совкового і фрезерного типу, віброударних желонки і грейферів. Ручна

					ДІПТ. 6300000. 302. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

розробка ґрунту характеризується високими трудомісткістю, вартістю і малою продуктивністю. Видалення ґрунту з труб діаметром 500-800 мм здійснюється переважно гідравлічним способом.

Для видалення ґрунту з трубопроводів більшого діаметру використовують вагонетки, човники, переміщені за допомогою канатів і лебідок, самхідні електрокари і візки зі знімними або саморозвантажними кузовами, стрічкові і скребкові конвеєри змінної довжини і т. д.

Отримання отворів при допомозі набору конусних розширювачів (рис. 1.4) та домкратної установки схожа до процесу проколювання трубою-футляром. Основною відмінністю є те, що процес отримання потрібного отвору та затягування туди комунікацій виконується за кілька прийомів.

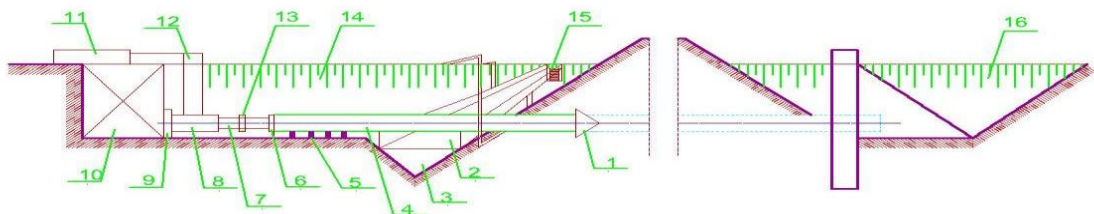


Рис. 1.3. Установки для прокладення труб методом статичного проколювання: 1 – насосна станція; 2 – трубопровід; 3 – робочий котлован; 4 – водовідвідний потік; 5 – трубопровід (футляр); 6 – наконечник (ніж); 7 – приймальний котлован; 8 –прямо́к для зварювання труб; 9 – рама напрямної; 10 – натискний патрубок; 11 – натискна заглушка; 12 – гідродомкрат; 13 – башмак; 14 – стінка напрямка закріплена; 15, 18 – канати; 16 – ролики

1 – насосна станція; 2 – трубопровід; 3 – робочий котлован; 4 – водовідвідний потік; 5 – трубопровід (футляр); 6 – наконечник (ніж); 7 – приймальний котлован; 8 –прямо́к для зварювання труб; 9 – рама напрямної; 10 – натискний патрубок; 11 – натискна заглушка; 12 – гідродомкрат; 13 – башмак; 14 –

					ДІПТ. 6300000. 302. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

стінка приямка закріплена; 15, 18 – канати; 16 – ролики

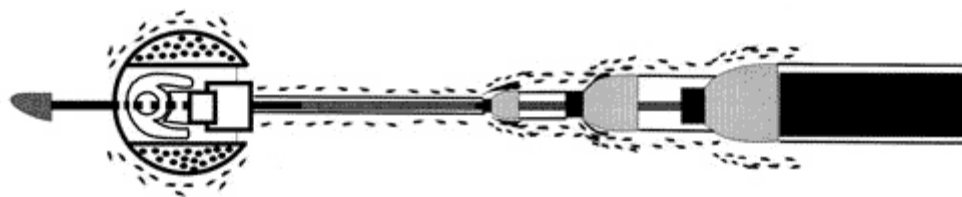


Рис. 1.4. Розширення пілотного твору зворотною тягою з одночасним протягуванням трубопроводу

Стартовий або пілотний прокол виконують штангами з конусним наконечником, в деяких випадках штанги мають трубчасту конструкцію з різьбовими з'єднаннями та похило-зрізаний наконечник, в який вмонтовано передавач, що контролює положення пілотної штанги та передає відомості оператору. Останній за допомогою обертача повертає штангу та, зорієнтувавши її в потрібному напрямку, подає вперед. При цьому штанга змінює траєкторію руху в напрямку зрізу. Так підтримують необхідну траєкторію отвору пілотної свердловини. Після виходу пілотного бура в прийомний приямок його замінюють на конусний розширювач. При чому конусів може бути декілька їх протягують (в залежності від потужності установки) за один або за декілька прийомів. Протягування футляра виконують разом з останнім конусом.

До переваг відносяться:

- простота конструкції установки, утворення отворів;
- висока швидкість виконання робіт та реверсивність устаткування;
- можливість керувати траєкторією прокладання ТПГ, використання в водонасичених ґрунтах;
- можливість одночасного розширення отвору та затягування труб-футлярів;
- вдавлювання труб великого розміру (від 400 до 1200 мм) (рис. 1.5).

До недоліків відносяться:

- велика початкова вартість установки, громіздке обладнання;

					ДІПТ. 6300000. 302. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

- дуже істотне ущільнення ґрунту навколо стінок ТПГ;
- невелика довжина проколювання.

Метод продавлювання являє собою розробку горизонтальної свердловини шляхом впровадження в ґрунтовий масив труби з відкритим торцем. Цей метод, як правило, застосовують для прокладки труб великих діаметрів 250-1500 мм на відстань 60-80 м в ґрунтах I-III категорій міцності [20].

Порядок виконання робіт наступний. У стартовий котлован встановлюється силова домкратних установка. Між силовою установкою і протилежною стінкою котловану на спеціальних санчатах розміщується секція продавлювати труби. Далі поступальним рухом штоків гідроциліндрів секція задавлюється в ґрунт (рис. 1.5, а). Нарощування труби здійснюється поетапно шляхом подачі секцій по мірі їх вдавнення в ґрунт (рис. 1.5, б).

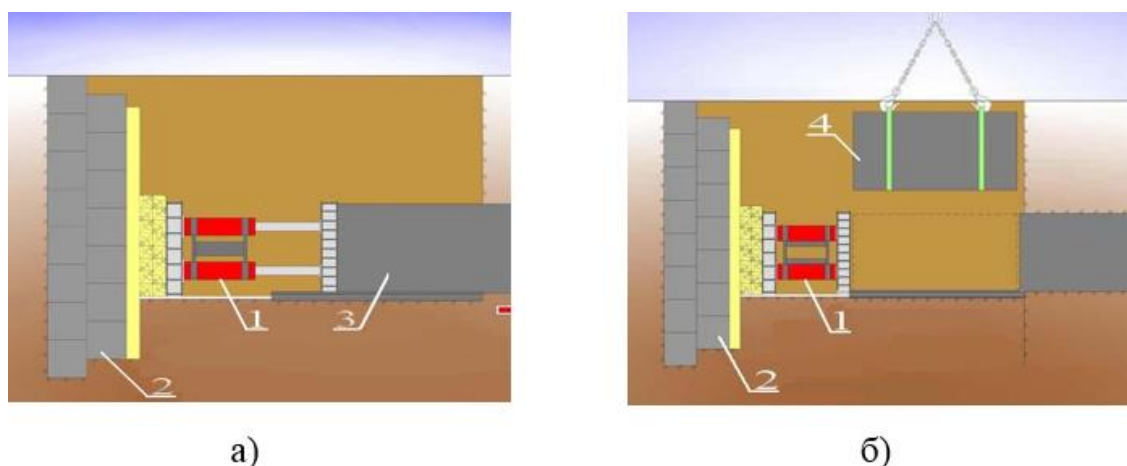


Рис. 1.5. Схема продавлювання секцій труби в ґрунт: а – втискування секції труби в ґрунт; б – установка наступної ланки труби; 1 – силова установка; 2 – напірна стінка; 3 – ланка труби, що прокладається; 4 – наступна ланка труби, що прокладається

Зусилля, потрібні для проколу труб, коливаються в межах від 150 до 2000 кН. Визначивши зусилля продавлювання, приймають необхідне число гідроциліндрів для силової установки, а також вибирають тип гідронасоса. Для проколу труб частіше всього застосовують насосно-домкратні установки, що складаються з одного або двох спарених гідравлічних домкратів типу ГД-170 із зусиллям до 170 т. кожен, змонтованих на загальній рамі. Штоки домкратів

володіють великим вільним ходом (до 1,15 – 1,3 м). Раму з домкратами встановлюють на дні робочого котловану, з якого ведуть прокол. Поряд з котлованом на поверхні розміщують гідравлічний насос високого тиску – до 30 МПа (300 кгс/см²). Трубу вдавлюють циклічно шляхом попереминого перемикування домкратів на прямий і зворотний хід. Тиск домкратів на трубу передається через наголовник змінними натискними подовжувальними патрубками, шомполами або затискними хомутами. При застосуванні натискних подовжувальних патрубків довжиною 1, 2, 3 і 4 м після втискування труби в ґрунт на довжину ходу штока домкрата (наприклад, 1 м) шток повертають в первинне положення і в простір, що утворився, вставляють інший патрубок подвоєної довжини і так продовжують до тих пір, поки не закінчать прокол першої ланки трубопроводу (зазвичай завдовжки 6 м). Потім до нього приварюють другу ланку і вказані операції повторюють до тих пір, поки не буде завершений прокол на всю довжину трубопроводу. Шомполи роблять з труб з отворами з боків, відстань між якими відповідає довжині ходу штоків домкратів. Шомполи бувають внутрішні, такі, що рухаються усередині труби, яку проколюють, і зовнішні, такі, що охоплюють трубу зовні.

Для безтраншейної прокладки сталевих труб діаметром 104-630 мм на довжину до 80 м у ґрунтах (без крупних включень) способом проколу застосовують установки ГПУ-600. Установка працює за принципом «крокуючих домкратів», що дозволяє значно скоротити час робочого циклу. Спочатку шляхом ввімкнення гідростанції гідродомкратами просувають рухому натискну плиту з трубою, що прокладається, на довжину ходу штока домкратів (1,2 м). Потім після закінчення робочого циклу пересувний упор звільняють і зворотним ходом домкратів підтягають його услід за трубою, що прокладається. Вказані операції повторюють до повного впровадження в ґрунт першої ланки труби, після чого пересувний упор, санчата з домкратами і натискну плиту повертають в початкове положення. Далі вмонтовують другу ланку труби, і цикл робіт повторюють і так до повного проколу всього трубопроводу.

					ДІТ. 6300000. 302. МРІЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

За допомогою прокольної установки можна проколювати труби діаметром 209 – 426 мм на довжину до 45 м в ґрунтах I – IV груп незалежно від його вологості. Установка працює, як і установка ГПУ-600, за принципом «крокуючих домкратів».

При прокладанні комунікацій безтраншейним способом існує доступ до можливих установок агрегатів і обладнання якими можна виконати прокладку комунікацій, яке доступне на сьогоднішній день в даний необхідний час. Впливає також час проведення робіт (пора року, кліматичні умови), велику роль у виборі машин або обладнання також має місце проведення робіт бо при проведенні робіт у відкритих ділянках без перешкод, доріг, зміни рельєфів та можливо доцільніше використовувати відкриті (траншейні) способи прокладання, так як зберігаються всі необхідні підготовчої роботи і проблеми які виникають при них.

1.4 Динамічний прокол

При виборі устаткування потрібно звертати увагу на характерні особливості установок, обумовлені специфічним призначенням. А саме: звертати увагу на витрати під час експлуатації, вплив позасистемних джерел енергії, якість і матеріали окремих компонентів системи, а також кут проколу і діаметр первинного керованого проколу (рис. 1.6. а). У піщаних, супіщаних і водонасичених ґрунтах не можна одержати стійку ТПГ, тому статичний прокол ускладнюється або неможливий через великі зусилля, що потрібні для руху робочого органу. В таких випадках застосовують вібропрокол. Для збудників поздовжньо спрямованих коливань використовують вібратори спрямованої дії і вібромолоти, які, крім вібрації, передають робочому органу ударні імпульси. Вібраційний прокол передбачає одночасну дію статичного навантаження і вібрації на трубу, що прокладається, від гідравлічного або електричного вібратора [15, 16]. Недоліком віброударного проколювання та установок УВВГП окремо є габарит установок, приямків для них, великої кількості допоміжного

					ДІПТ. 6300000. 302. МРІЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

інструменту, механізмів та персоналу, залученого до виконання робіт як наслідок велика вартість робіт, та низький ККД роботи [17].

Ефективною є також ударно-вібраційно-вдавлювальна установка УВВГП-400. При використанні цієї установки трубу (кожух), що прокладається, із закріпленим на одному кінці інвентарним наконечником іншим кінцем встановлюють в наголовнику ударної приставки вібротолота. Під дією ударних імпульсів у поєднанні із статичним втискуванням за допомогою притискного поліспасти секція труб послідовно упроваджується в ґрунт (рис. 1.6. б).

Для безтраншейної закритої прокладки труб діаметром 63 – 400 мм широко застосовуються механічні ґрунтопроколювачі і пневматичні пробійники типів ПР-60 (СО-144), ПП-4605, ПП-4603, ПР-400 (СО-134) і М-130. Пневмопроходка за допомогою вказаних пневмопробійників типу «Кріт» застосовується для пристрою крізних і глухих горизонтальних і похилих свердловин з ущільненими стінками діаметром 63–400 мм і завдовжки до 40–50 м, через які прокладають трубопроводи. Пневмопробійник є саморушною пневматичною машиною ударної дії (рис. 1.6. в). Його корпус є робочим органом, утворюючим свердловину, а ударник, розміщений в корпусі, здійснює під дією стислого повітря зворотно-поступальні рухи і завдає ударів по передньому торцю корпусу, забиваючи його в ґрунт. Зворотному переміщенню корпусу перешкоджають сили тертя його об ґрунт. Завдяки осьовій симетрії і значній довжині (1,4 – 1,7 м) пневмопробійник при русі в ґрунті зберігає заданий напрям.

Для сприйняття зусиль у момент запуску пневмопробійника з прямика і збільшень точності проходки використовують стартові пристрої, що створюють сили тертя на його корпусі (для пневмопробійників ПП-4603, ПП-4605А) або підтискають його до забою (СО-134). Для зменшення викривлення свердловини в складних умовах і при значній довжині проходки до пневмопробійника кріплять спеціальну насадку – подовжувач. При забезпеченні точного запуску пневмопробійника відхилення свердловини від проектного положення

					ДІПТ. 6300000. 302. МРІЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

на довжині 20 м, як правило, не перевищує 0,2 – 0,3 м по вертикалі і 0,05 – 0,1 м по горизонталі [18-20].

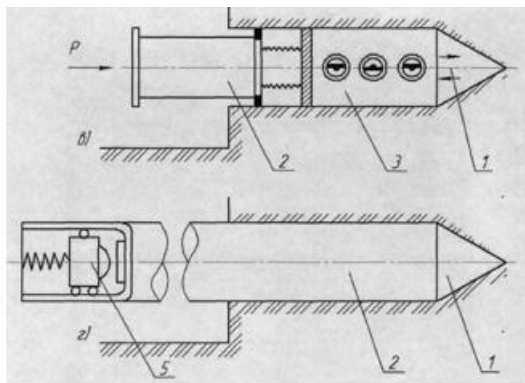
При проколі сталевих труб за допомогою пневмопробійників їх використовують як ударний вузол, приєднаний до заднього торця труби і що забиває її в ґрунт. На передньому торці труби кріплять конусний наконечник. При цьому можливі два варіанти технології робіт: забивання труби в ґрунт і забивання її в лідируючу свердловину (у стійких глинистих ґрунтах).

Ще однією важливою відмінною рисою різних установок для прокладки труб під газ і воду є довжина дистанції, на яку здійснюється управління проколом. Прокладка трубопроводу здійснюється з використанням труб з таких матеріалів, як метал, поліетилен, полівінілхлорид.

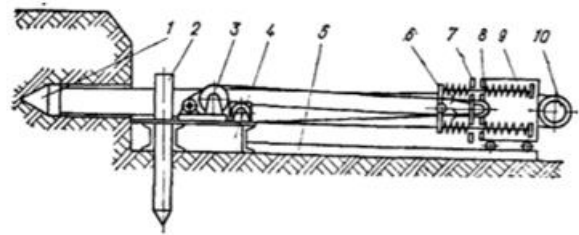
При проведенні робіт по прокладенню комунікацій слід ретельно дотримувати вимоги охорони праці, щоб уникнути враження електричним струмом, слід бути обережним з високим тиском гідроустановки чи іншими небезпечними факторами.

На сьогоднішній день устаткування для безтраншейних робіт представлене в широкому спектрі в кожній цінovій категорії. Це обумовлює ще одну особливість робіт такого типу – величезний розкид цін в різних компаніях, що пропонують свої послуги. При цьому професіоналізм працівників, що використовують таке устаткування, не завжди має необхідний рівень, тому персонал, що працює з устаткуванням, повинен постійно навчатися новим технологіям, щоб процес безтраншейної прокладки труб під кабелі, прокладки труб під воду і газ був не тільки швидким і якісним, але і виключав можливості нещасних випадків. У разі безтраншейного прокладення комунікацій важливо не тільки швидко зробити керований прокол, але і правильно визначити траєкторію, щоб не зачепити вже створені комунікації. Для підвищення рівня робіт слід постійно стежити за станом устаткування, своєчасно виконувати ремонт.

					ДІПТ. 6300000. 302. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19



а)



б)



в)



г)

Рис. 1.6. Схеми проколювання ґрунту: а) – вібраційний вплив передається тільки на наконечник: 1 – конусний наконечник; 2 – труба, що прокладається; 3 – блок вібраторів; 4 – елемент, що з'єднує блок вібратора з конусним наконечником; 5 – віброударний блок; б) – ударно-вібраційно-вдавлююча установка УВВП-400; в) – пневмопробійники (С-144А, ИП-4605А); г) – гідромолот для забивання труб та стовпів - Atlas Copco PLD-RV

Знижуючи витрати цих робіт в результаті виключення траншейних робіт, прискорюючи сам процес прокладання комунікацій і зменшуючи число не відповідальних робочих така технологія дозволяє уникати проблем з навколишнім світом.

Безтраншейну прокладку трубопроводу в не зв'язкових піщаних, супіщаних і пливучих ґрунтах прискорюють способом вібропроколу. В установках для вібропроколу застосовуються збудники подовжньо направлених коливань. Способом вібропроколу можна не тільки прокладати трубопроводи діаметром до 500 мм на довжину 35 – 60 м при швидкості проходки до 20 – 60 м/год, але і витягувати їх з ґрунту.

					ДІПТ. 6300000. 302. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

2 ПАТЕНТНИЙ ОГЛЯД ТА ОГЛЯД ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Спосіб розширення горизонтальної свердловини

Україна, ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ UA 72790.

Опис до патенту на винахід UA 72790 «Спосіб розширення горизонтальної свердловини». № 08, 2012 р. автори: Олексин Володимир Іванович, Супонев Володимир Миколайович, Каолін Микола Дмитрович, Руднев В'ячеслав Костянтинович [21].

Корисна модель належить до області будівництва і може бути використана для безтраншейної прокладки підземних комунікацій під залізничними і трамвайними коліями, автомобільними дорогами, пішохідними тротуарами і малими архітектурними формами (альтанки, кіоски і тому подібне).

Відомий спосіб проколу ґрунту і розширення горизонтальних свердловин при безтраншейній прокладці підземних комунікацій, який реалізується в пристрої (Патент України N967560, МПК E02P5/18, опубл. 27. 02. 2012, Бюл. №4), згідно з яким збільшення діаметра свердловини відбувається за рахунок радіального витіснення ґрунту в стінки свердловини шляхом послідовного протягування розширювачів по піонерній свердловині (утвореної після проколу).

Недоліком такого способу є переущільнення ґрунту навколо свердловини, що у разі неглибокого залягання і великого діаметра комунікації руйнує споруди, які перетинаються, викликаючи спучування і утворення тріщин на асфальтобетонних покриттях доріг та тротуарів. В такому разі, уникаючи пошкодження наземних споруд, комунікацію необхідно прокладати на більшій глибині, що вимагає викопування глибших приямків і зміцнення їх стінок. Крім того, переущільнений ґрунт чинить негативний вплив і на сусідні комунікації, прокладені раніше, особливо в місцях перпендикулярного перетину їх осей, що є не бажаним для чавунних, азбестоцементних і поліетиленових труб і може призвести до їх пошкодження.

					ДІПТ. 6300000. 302. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

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 прямими 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

					ДІПТ. 6300000. 302. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

між собою у пліть, а для використання рукава з кільцевими ножами різного діаметра передбачена можливість регулювання його прохідного перетину.

Суть запропонованого способу розширення горизонтальної свердловини пояснюється прикладом його реалізації і кресленнями.

На рис. 2.1 - зображено пристрій для реалізації способу. На рис. 2.2 - схема розширення горизонтальної свердловини кільцевим ножом.

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 прямка 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. 2.2) 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.

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

					ДІПТ. 6300000. 302. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

2.2 Пристрій для безтраншейного прокладення трубопроводів методом проколу

Патент на винахід ВУ 10282, від 2014.08.30. Е 02F5/18. (2006.01) Республіка Білорусь. Опис корисної моделі до патенту "Пристрій для безтраншейного прокладення трубопроводів методом проколу" [22].

Установа освіти "Брестський державний технічний університет"
Автори: Пчюлін В'ячеслав Миколайович; Понта Петро Степанович; Чернюк Володимир Петрович; Юськович Віталій Іванович; Макаревич Євгеній Володимирович (ВУ). Патентовласник: Установа освіти "Брестський державний технічний університет".

Пристрій для безтраншейного прокладання трубопроводів методом проколу, що містить співвісно змонтований на передньому по напрямку проколу кінці трубопроводу, що прокладається, наконечник, направляючі ребра і механізм подачі, відрізняється тим, що наконечник виконаний у вигляді симетричного клину, різальна кромка якого перпендикулярна денній поверхні.

Корисна модель відноситься до будівництва, а саме до пристроїв, призначених для безтраншейного прокладання трубопроводів способом проколу, і може знайти застосування для облаштування прихованих переходів при будівництві трубопроводів, підземних кабельних ліній зв'язку та електромереж.

При втискуванні механізмом подачі трубопроводу, що прокладається, конічний наконечник розсовує з ущільненням ґрунт в радіальних напрямках, при цьому виникає небезпека випучування ґрунту на денній поверхні, що неприпустимо при безтраншейному прокладенні трубопроводів під автомобільними і залізними дорогами, підземними конструкціями і спорудами і так далі. У практиці будівництва для виключення випучування ґрунту на денній поверхні глибину залягання верху трубопроводу, що прокладається, приймають не менше п'яти його діаметрів, що призводить до збільшення об'ємів земляних робіт за рахунок збільшення глибини робочого і оглядового приямків і ускладнює виконання робіт при високому рівні ґрунтових вод.

					ДІПТ. 6300000. 302. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

Крім того, при зустрічі конусного наконечника з неоднорідним ґрунтом або невеликими перешкодами (дрібними каміннями) можливе відхилення трубопроводу, що прокладається, від проектного положення у бік денної поверхні, що також може привести до випучування ґрунту на денній поверхні, чому сприяє також різна щільність ґрунту над і під наконечником (під наконечником щільність ґрунту, як правило, більша).

Відомий також пристрій для безтраншейного прокладання трубопроводів методом проколу, що містить співісно змонтований на передньому по напрямку проколу кінці трубопроводу, що прокладається, наконечник, горизонтальні направляючі ребра і механізм подачі.

Обладнання трубопроводу, що прокладається, орієнтованими уздовж трубопроводу горизонтальними направляючими ребрами дозволяє стабілізувати положення трубопроводу відносно денної поверхні.

Проте як і раніше при втискуванні механізмом подачі трубопроводу, конічний наконечник розсовує з ущільненням ґрунт в радіальних напрямках, тобто і у напрямі денної поверхні, внаслідок чого виникає небезпека випучування ґрунту на денній поверхні, особливо у разі глибини залягання трубопроводу, що прокладається, менше п'яти його діаметрів.

Завдання, на рішення якої спрямована пропонована корисна модель, полягає в тому, щоб виключити або значно понизити випучування ґрунту на денній поверхні при глибині залягання трубопроводу менше п'яти його діаметрів.

Поставлене завдання досягається тим, що у відомому пристрої для безтраншейного прокладення трубопроводів методом проколу, що містить співісно змонтований на передньому по напрямку проколу кінці трубопроводу, наконечник, направляючі ребра і механізм подачі, наконечник виконаний у вигляді симетричного клину, різальна кромка якого перпендикулярна денній поверхні.

При втискуванні в ґрунт трубопроводу, що прокладається, наконечник у вигляді симетричного клину, різальна кромка якого перпендикулярна денній

					ДІПТ. 6300000. 302. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

поверхні, велику частину ґрунту розсовує в сторони (у горизонтальному напрямі), завдяки чому виключається або значно зменшується випучування ґрунту на денній його поверхні, що дозволяє зменшити глибину залягання трубопроводу, і тим самим понизити вартість земляних робіт і робіт по водопониженню.

Корисна модель пояснюється рисунками, де на рис. 2.3. зображений вигляд пристрою зверху; на рис. 2.4. – вид "А" на рис. 2.3.; на рис. 2.5. – бічний вид пристрою. Позначення: 1 – трубопровід, що прокладається; 2 – наконечник; 3 – направляючі ребра; 4 – різальна кромка клину; 5 – кільцевий упор; 6 – виступи; 7 – прорізи; 8 – ущільнення; 9 – вертикальні грані наконечника.

Пристрій для безтраншейного прокладення трубопроводів методом проколу (рис. 2.3. – 2.5.) утримує співвісно змонтований на передньому по напрямку проколу кінці трубопроводу, що прокладається, 1 наконечник 2, направляючі ребра 3 і механізм подачі (на малюнках непоказаний). Наконечник 2 виконаний у вигляді симетричного клину, різальна кромка 4 якого перпендикулярна денній поверхні.

Для зниження вартості виробництва робіт наконечник 2 виконується знімним і після виходу в оглядовий приямок демонтується для повторного використання. Для забезпечення знімності (повторного використання) наконечника 2 він виконаний порожнистим з тим, що перевищує на 5-10 мм діаметр трубопроводу 1 внутрішнім діаметром, одягнений зовні на трубопровід, 1 і забезпечений торцевим кільцевим упором 5, що упирається в її торець (рис. 2.4). При цьому кільцевий упор 5 забезпечений виступами 6, що заходять у відповідні прорізи 7 в торці трубопроводу 1, що виключає поворот наконечника 2 відносно останньою при проколі (рис. 2.3.).

Направляючі горизонтальні ребра 3 жорстко прикріплені до наконечника 2. Для виключення попадання ґрунту всередину наконечника 2 в проміжку між ним і трубою, 1 влаштовується ущільнення 8 (рис. 2.3.).

					ДІПТ. 6300000. 302. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

тиксотропного розчину під тиском, повідомлений з порожниною кільцевої виїмки розширювача, і штангу для передачі тягового зусилля крутного моменту на розширювач. Винахід забезпечує зниження трудомісткості робіт за рахунок зниження обсягу робіт із очищення порожнини розширеної свердловини від ґрунту.

Винахід забезпечує зниження трудомісткості робіт за рахунок зниження об'єму робіт по очищенню порожнини розширеної свердловини від ґрунту.

Винахід спрямований на рішення задачі по створенню такого пристрою для розширення свердловини при безтраншейному прокладенні трубопроводу, яке забезпечувало б зниження трудомісткості робіт по прокладанні трубопроводу в незв'язаних ґрунтах за рахунок зниження об'єму робіт по очищенню порожнини розширеної свердловини від ґрунту, що з'явився в результаті обвалу стінок свердловини. Технічний результат, який може бути отриманий при реалізації винаходу, полягає у збільшенні глибини проникнення бурового розчину в оточуючий ґрунтовий масив свердловини.

Поставлена задача вирішена за рахунок того, що в пристрої для розширення свердловини при безтраншейному прокладенні трубопроводу, яке містить розширювач, що має форму тіла обертання з робочою поверхнею, діаметр якої збільшується в напрямі від головної до хвостової частини, пристосування для подання бурового розчину під тиском і сполучена з головною частиною розширювача штанга для передачі тягових зусиль та обертальних моментів на розширювач, останній виконаний з кільцевими виїмками, яка розділяє його робочу поверхню на дві ділянки, при цьому пристосування для подання бурового розчину з'єднано з порожнинами кільцевої виїмки, а максимальний діаметр першої ділянки робочої поверхні розширювача складає не менше 0,25 і не більше 0,75 від максимального діаметра другої ділянки робочої поверхні. Спрощення технології його виготовлення.

					ДІПТ. 6300000. 302. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

Суть винаходу пояснюється кресленнями, де на рис. 2.6. зображений пристрій для розширення свердловини при безтраншейному прокладенні трубопроводу, на рис. 2.7 - один з варіантів конструктивного виконання пристрою і на рис. 2.8. - поперечний переріз по А-А (див. рис. 2.6.)

Пристрій для розширення свердловини при безтраншейному прокладенні трубопроводу містить розширювач 1 з робочою поверхнею 2. Розширювач 1 має форму тіла обертання і може бути виконаний у вигляді зварної або литої конструкції. Діаметр робочої поверхні 2 збільшується в напрямі від головної частини розширювача 1 до його хвостової частини. З головною частиною розширювача 1 за допомогою роз'ємного або нероз'ємного з'єднання сполучена штанга 3 для передачі тягового зусилля або обертального моменту на розширювач 1. Розширювач 1 виконаний з кільцевою виїмкою 4, яка розділяє його робочу поверхню 2 на дві ділянки - відповідно першу 5 і другу 6. Пристрій містить пристосування 7 для подання бурового розчину під тиском, яке повідомлене з порожниною кільцевої виїмки 4. Максимальний діаметр (d) першої ділянки 5 робочої поверхні 2 розширювача 1 складає не менше 0,25 і не більше 0,75 від максимального діаметру (D) друга ділянка 6 робоча поверхня 2 розширювачі 1, тобто виконується умова, при якій $0,25D < d < 0,75D$. Вказане співвідношення встановлене емпіричним шляхом. Воно визначає співвідношення між ступенем попереднього ущільнення ґрунту першою ділянкою 5 робочої поверхні 2 розширювачі 1 і ступенем остаточного ущільнення ґрунту другою ділянкою 6 робочої поверхні розширювача 1 з одночасним поданням в масив, що ущільнюється бурового розчину, що поступає з порожнини кільцевої виїмки 4.

При виході максимального діаметру (d) першої ділянки 5 робочої поверхні 2 розширювачі 1 за нижній кордон вказаного обмеження відбувається забивання порожнини кільцевої виїмки 4 ґрунтом, що перешкоджає вступу в неї бурового розчину. При виході максимального діаметру (d) першої ділянки 5

					ДІПТ. 6300000. 302. МРПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

робочої поверхні 2 розширювача 1 за верхню межу вказаного обмеження буровий розчин не проникає в ґрунтовий масив на глибину, що забезпечує достатнє зміцнення стінок утвореної свердловини.

Розширювач 1 може бути виконаний з додатковою кільцевою виїмкою 8 (див. рис. 2.7), яка утворює на першій ділянці 5 робочої поверхні 2 розширювачі 1 додаткова ділянка 9. При такому варіанті конструктивного виконання пристрою 7 для подачі бурового розчину під тиском повинно бути з'єднане з порожниною додатковою кільцевою виїмкою 8.

Додаткова кільцева виїмка 8 може бути виконана на розширювачі 1 таким чином, що утворює на другій ділянці 6 робочої поверхні розширювача 1 додаткова ділянка (на кресленнях не зображена). Розширювач 1 може бути виконаний з двома додатковими кільцевими виїмками 8, кожна з яких утворює відповідно на першій 5 і другій 6 ділянці робочої поверхні розширювача 1 додаткова ділянка (на кресленнях не зображені).

Робоча поверхня 2 розширювача 1 і кожної його ділянки 5 і 6 може мати будь-яку форму, наприклад параболоїда або гіперболоїда обертання (див. рис. 2.7). При цьому одна з ділянок робочої поверхні 2 розширювача 1 може мати одну форму, а друга ділянка - форму, відмінну від форми першої ділянки робочої поверхні 2 розширювача 1 (на кресленнях не зображено).

Найбільш прийнятним є такий варіант конструктивного виконання пристрою, при якому робоча поверхня 2, щонайменше, однієї ділянки розширювача 1 має форму бічної поверхні конуса обертання, вісь якого розташована на подовжній осі симетрії розширювача 1 (див. рис. 2.7).

Кільцева виїмка 4 на розширювачі 1 може мати в поперечному перерізі будь-яку форму, наприклад трикутника, прямокутника або круга. Найбільш прийнятним є такий варіант конструктивного виконання пристрою, при якому, щонайменше, одна бічна стінка 10 кільцевої виїмки 4 має форму бічної повер-

					ДІПТ. 6300000. 302. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

хні конуса обертання, вісь якого розташована на подовжній осі симетрії розширювача 1 (див. рис. 2.7) . При цьому дно 11 кільцевої виїмки 4 утворено бічною поверхнею циліндра обертання.

Пристосування 7 для подання бурового розчину під тиском може бути з'єднане з порожниною кільцевої виїмки 4 будь-яким відомим способом, наприклад за допомогою шланга (на кресленнях не зображений). Найбільш прийнятним є такий варіант конструктивного виконання пристрою, при якому пристосування 4 для подання тиксотропного розчину під тиском повідомлено з порожниною кільцевої виїмки за допомогою, щонайменше, одного радіального каналу 12 (див. рис. 2.7), виконаного в розширювачі 1.

При виконанні розширювача 1 з декількома радіальними каналами 12 доцільно розташувати їх виходи рівномірно по периметру розширювача 1.

Пристосування 7 для подання бурового розчину під тиском може бути виконано у вигляді розташованих в штанзі 3 каналів 13 (див. рис. 2.7), які з'єднані з центральним розподільним каналом 14 (див. рис. 2.8) в розширювачі 1.

По іншому варіанту конструктивного виконання пристосування 7 для подання бурового розчину під тиском може бути виконано у вигляді розчинопроводу 15 (див. рис. 2.6), який з'єднаний з хвостовою частиною розширювача і з центральним розподільним каналом 14 в розширювачі 1.

Розширювач 1 може бути виконаний з ділянками 16, які мають циліндричну форму і служать для релаксації ґрунту після радіального ущільнення ґрунтового масиву.

Пристрій для розширення свердловини при безтраншейному прокладенні трубопроводу працює таким чином.

Із задалегідь викопаного та облаштованого робочого котловану (на кресленнях не зображений) у напрямі приймального котловану (на кресленнях не зображений) проходять пілотну свердловину (на кресленнях не зображена), діаметр якої менше діаметру трубопроводу, що прокладається. Після утворення піонерної свердловини в ній розміщують штангу 3, в якості якої може бути

					ДІПТ. 6300000. 302. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

використана штанга бурового верстата, використовуюваного при утворенні піонерної свердловини, або спеціальна штанга. У одному з котлованів з одним кінцем штанги 3 сполучають головну частину розширювача 1. У іншому котловані монтують силову установку (на кресленнях не зображена) для переміщення розширювача 1.

Установка для переміщення розширювача 1 може бути виконана у вигляді рами, на якій з можливістю примусового переміщення, наприклад за допомогою механізму подачі у вигляді гідроциліндрів, встановлена каретка. Каретка має захватний механізм, за допомогою якого вона з'єднується з штангою 3. В цьому випадку при переміщенні каретки разом з нею переміщається і штанга 3, яка передає тягове зусилля на розширювач 1.

На каретці може бути додатково розміщений привід обертання, який кінематично пов'язаний з двигуном, наприклад гідродвигуном. Привід обертання має захватний механізм, за допомогою якого він з'єднується з штангою 3. В цьому випадку при переміщенні каретки з ввімкненим двигуном приводу разом з нею переміщається і штанга, що обертається, 3, яка передає тягове зусилля і обертовий момент на розширювач 1.

В якості силової установки для переміщення розширювача 1 може бути використаний буровий верстат, за допомогою якого була здійснена проходка пілотної свердловини. У одному з котлованів розміщують пристосування 7 (на кресленнях зображено умовно) для подання бурового розчину під тиском, яке може бути виконане, наприклад, у вигляді насоса, місткості для розміщення тиксотропного розчину і магістралі для підведення бурового розчину під тиском до розширювача.

Одночасно з включенням силової установки для переміщення розширювача включають пристосування для подання бурового розчину під тиском. При переміщенні розширювача 1 по пілотній свердловині він послідовно взаємодіє робочою поверхнею 2 своїх перших ділянки 5 з ґрунтовим масивом і здійснює попереднє радіальне ущільнення ґрунту.

					ДІПТ. 6300000. 302. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

Одночасно буровий розчин з місткості за допомогою насоса поступає під тиском в центральний розподільний канал 14 і далі через радіальні канали 12 в порожнину кільцевої виїмки 4 і заповнює її. З порожнини кільцевої виїмки 4 буровий розчин поступає в навколишній розширювач 1 ґрунтовий масив, проникаючи між часткам ґрунту.

При подальшому переміщенні розширювача 1 по пілотній свердловині він взаємодіє робочою поверхнею 2 своїх других ділянок 6 з просоченим буровим розчином ґрунтовим масивом і здійснює остаточне радіальне ущільнення з утворенням свердловини, діаметр (D) якої відповідає діаметру трубопроводу, що прокладається. В процесі остаточного радіального ущільнення просоченого буровим розчином ґрунту буровий розчин видавлюється в навколишній ґрунтовий масив.

Частинки глини, що знаходяться в буровому розчині, спресовуються з частинками ґрунту, забезпечуючи взаємне зчеплення останніх між собою, що запобігає обваленню стінок отриманої свердловини. Після утворення свердловини або одночасно з її проходкою в неї будь-яким відомим способом зтягують трубопровід.

Прокладення трубопроводу в отриману свердловину здійснюють, наприклад, за допомогою силової установки, яка була використана для переміщення розширювача 1, або шляхом з'єднання трубопроводу, що прокладається, з розширювачем 1 при його переміщенні по пілотній свердловині.

Робота розширювача 1, що має додаткову кільцеву виїмку 8, здійснюється аналогічним чином. Після попереднього радіального ущільнення ґрунту робочою поверхнею 2 перших ділянки 5 розширювача 1 в ґрунтовий масив подають з порожнини додаткової кільцевої виїмки 8 буровий розчин під тиском. Потім просочений буровим розчином ґрунт додатково радіально ущільнюють.

					ДІПТ. 6300000. 302. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

3 АНАЛІЗ ВПЛИВУ РОЗМІРІВ РОБОЧОГО ОРГАНУ НА СИЛУ ПРОКОЛЮВАННЯ ҐРУНТУ

3.1 Визначення фізико-механічних параметрів лабораторного ґрунту

Керівником Посмітюха О.П. 09.10.2021 р, та лаборантами було проведено випробування лабораторного ґрунту на базі геодезичної лабораторії фірми "ДНІПРОГЕОАЛЬЯНС" керівник Кулаженко Є.Ю. Випробування проводились відповідно до діючих нормативних документів: ДСТУ Б В.2.1-4-96 «Основи та підвалини будинків і споруд. Ґрунти. Методи лабораторного визначення характеристик міцності і деформованості» [25], ДСТУ Б В.2.1-17-2009 «Основи та підвалини будинків і споруд. Ґрунти. Методи лабораторного визначення фізичних властивостей» [26]; ДСТУ Б В.2.1-22-2009 «Ґрунти. Метод лабораторного визначення властивостей просідання» [27].

Основними параметрами механічних властивостей ґрунтів, які зумовлюють несучу здатність основ і їх деформації, є міцнісні і деформаційні характеристики ґрунтів: вологість ω ; щільність ґрунту в природному стані ρ_{np} ; щільність твердої фази ґрунту (щільність часток) $\rho_{тв}$; коефіцієнт пористості e ; Питоме зчеплення c ; кут внутрішнього тертя φ ; модуль деформації ґрунтів E , коефіцієнт Пуассона μ ; коефіцієнт компресії c_k ; компресійний модуль E_{cp} ; модуль об'ємної деформації E_v .

Проводять тарування компресійного приладу для врахування його власних деформацій при ступеневому завантаженні, для чого в робоче кільце закладають металевий вкладиш, покритий з обох сторін зволоженими 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.

					ДІПТ. 6300000. 302. МРІЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

За результатами випробувань складають таблицю тарувальних поправок δ і будують графік $\delta = f(p)$.

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 ексикаторі 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. 3.1, приклад заповнення якої наведено нижче.

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 пілуватих і дрібних пісків слід вибирати залежно від їх коефіцієнта пористості за таблицею 3.2.

					ДІПТ. 6300000. 302. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

Таблиця 3.1.

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

Таблиця 3.2.

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 см²);

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

					ДІПТ. 6300000. 302. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

$$M = \frac{10 \cdot 0,05 \cdot 60 - 2,3}{10} = 2,77, \text{ кг}$$

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 3.3. та приведемо графічне зображення кривої рис. 3.1.

Таблиця 3.3.

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

Пісок (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_1	Відносна деформація ε	Коефіцієнт стискуваності, m^2/MH	Пістома стискуваності, $ap \text{ } m^2/MH$	Модуль деформації E Мпа
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

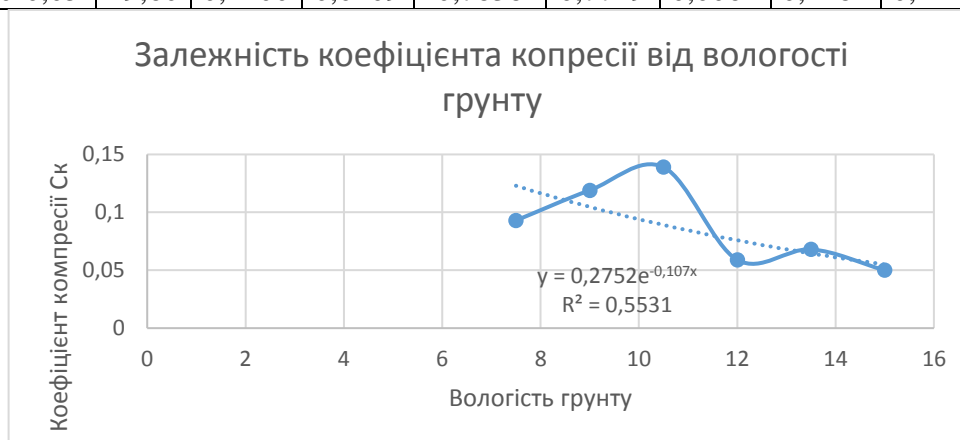


Рис. 3.1. Графік залежності коефіцієнта компресії ґрунту в інтервалі тисків від 0 до 0,05 МПа від вологості ґрунту. Пісок.

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 $0,001 \text{ МПа}^*1$ 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 $0,1 \text{ МПа}$ за формулою

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

де e_0 – коефіцієнт пористості ґрунту до початку випробувань;

					ДІПТ. 6300000. 302. МРПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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.

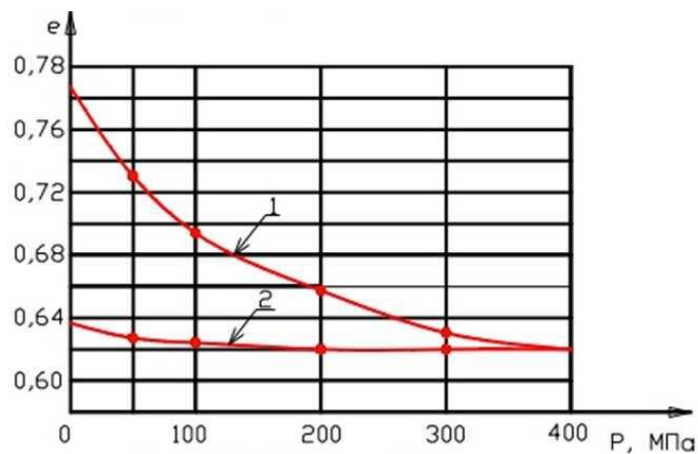


Рис. 3.2. Компресійна крива

У разі відсутності експериментальних даних допускається приймати такі значення ν :

для піску і супіску $0,30-0,35$;

При цьому менші значення ν приймають при більшій щільності ґрунту.

Модуль деформації E дорівнюватиме

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

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 – пісок. 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 .

Коефіцієнт стисливості дорівнює

$$m_0 = \frac{e_n - e_k}{P_k - P_n} = \frac{0.395 - 0.360}{0.20 - 0.10} = 0.35 \text{ МПа}^{-1}.$$

Приймаємо для піску $\nu = 0.3$, тоді

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

Компресійний модуль деформації E_k дорівнює

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

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.

3.2 Лабораторна установка та робочі органи для дослідження проколів ґрунту

Розроблена і створена лабораторна установка для дослідження процесу проколювання (рис. 3.3). Вона складається з короба 1, в коробі виконано з кожної зі сторін по три люки розміром 150-200 мм. Короб заповнений піщаним ґрунтом. Перед коробом встановлений привід, 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. 3.4) типу ХК3118Т1 призначений для виміру сигналу від аналогових тензодатчиків (рис. 3.5) і перетворення в одиниці ваги (кг або фунти). Індикація ваги здійснюється на 6-ти розрядному світлодіодному

					ДІПТ. 6300000. 302. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

дисплеї. На борту є вихід RS-232. Термінал призначений для роботи з промисловими вагами різних типів.

На рис. 3.6. представлені електродвигун, редуктор, рама, барабан, відхиляючі ролики.

Ваговий термінал типу ХК3118Т1 (рис. 3.4) призначений для виміру сигналу від аналогових тензодатчиків типу Keli DEF 750 (рис 5.5) 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.

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 ХК3118Т1, (рис. 3.7).

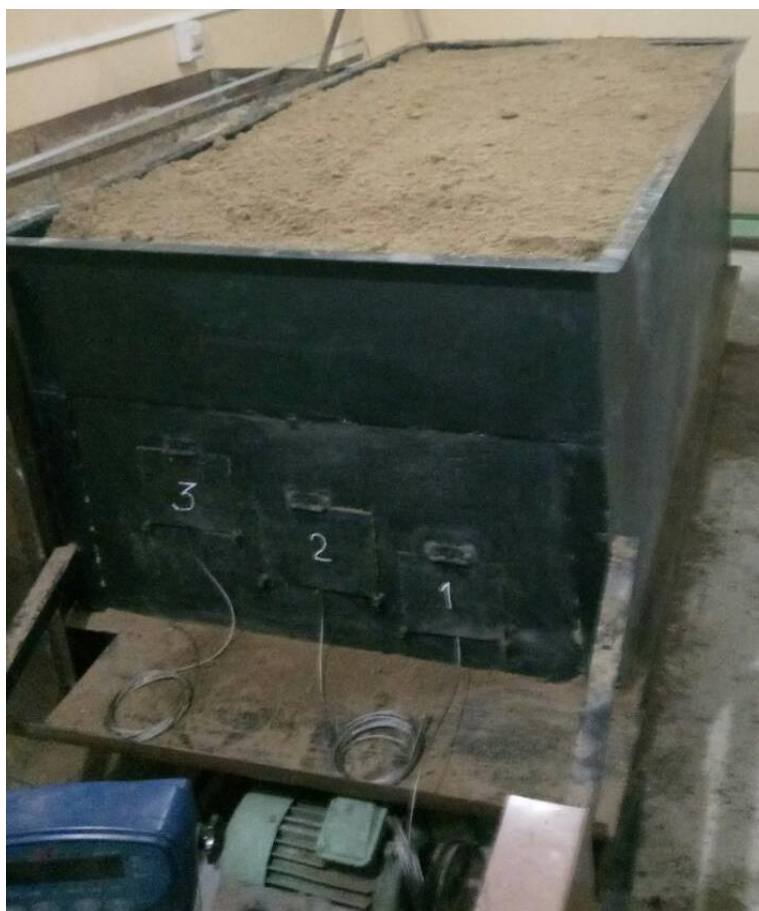


Рис. 3.3. Фото лабораторної установки: 1 – короб; 2 – редуктор; 3 – електродвигун; 4 – ролики; 5 – приводні канати

					ДІПТ. 6300000. 302. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43



Рис. 3.4. Ваговий термінал



Рис. 3.5. Тензодатчик Keli DEF 750

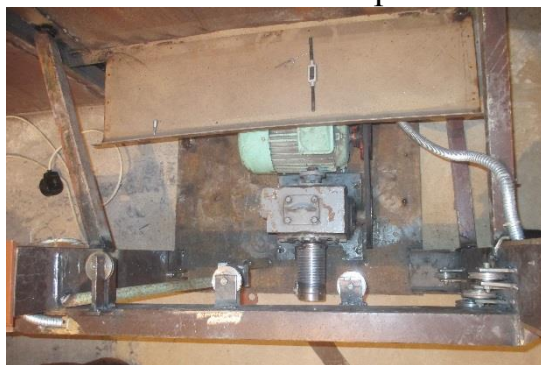


Рис. 3.6. Механізм приводу, та відхиляючі ролики



Основні технічні характеристики лабораторної установки приведені в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4

Характеристики лабораторної установки

Пор. №	Параметр	Одиниця	Величина
1	Довжина робочого ходу	мм	2000
2	Робоча швидкість канату	мм/с	85
3	Сила тяги, максимальна (обмежена міцність каната)	Н	6500
4	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 характеристики лабораторного ґрунту (ґрунт яким заповнений робочий короб) характеристики зведемо до таблиці 3.5.

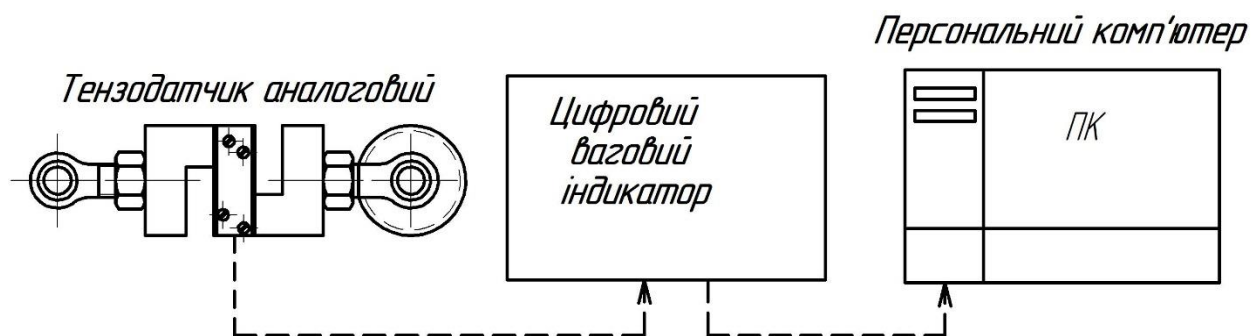


Рис. 3.7. Принципова схем вимірювального вузла

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

Таблиця 3.5

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

Фізико-механічні характеристики ґрунту	Ґрунт в лабораторії
Параметр / одиниця	
Тип ґрунту	піщаний ґрунт
Природна вологість, ω , %	6,3
Щільність твердої фази ґрунту, $\rho_{тв}$, т/м ³	2,66
Щільність ґрунту в природному стані, $\rho_{нр}$, т/м ³	1,79
Коефіцієнт питомого зчеплення, c , МПа	0,0
Кут внутрішнього тертя, φ_0 , град.	39
Кут зовнішнього тертя φ , град	42
Коефіцієнт тертя ґрунту по РО (сталі) f	0,607
Питома вага у природному стані ґрунту, $\gamma_{зр}$ кН/м ³	17,9
Коефіцієнт Пуассона, μ	0,3
Коефіцієнт компресії, c_k , МПа ⁻¹	0,082
Компресійний модуль, $E_{зр}$, МПа	14,519

Вологість ґрунту перевіряємо випарюванням та зважуванням зразків.



Рис. 3.8. Ударник ДорНДІ, що використовується для вимірювання ущільнення ґрунту – фото ударника

а)

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 3.6.

Прийнявши для конусно-циліндричних та клинових робочих органів однакові умови маємо: кут при вершині конуса або клину дорівнює $2\beta = 46^\circ$, ґрунт - пісок.

Для подальших розрахунків приймаємо: ґрунт

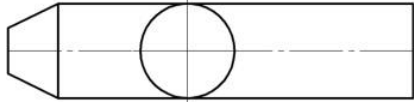
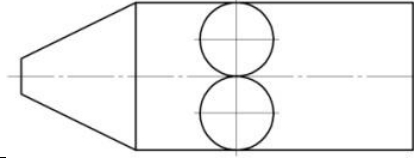
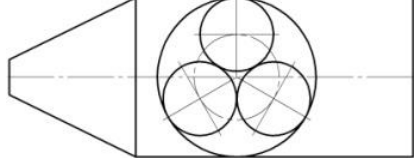
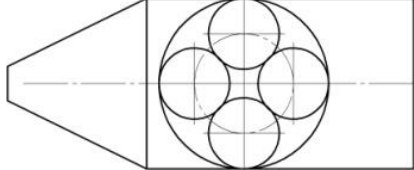
- 1) пісок – $\rho_{тв} = 2,66 \text{ т/м}^3$; $\rho_{пр} = 1,79 \text{ т/м}^3$; $\omega = 6,3\%$; $c_k = 0,082 \text{ МПа}^{-1}$;

					ДІПТ. 6300000. 302. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

- 2) c_k – коефіцієнт компресії ґрунту ($c_k = 0,07...0,09(\omega_T - 10)$, МПа⁻¹);
- 3) $E_{ep} = \frac{(1 + \omega)\rho_{m\epsilon}}{c_k \cdot \rho_{np}} = 14,519$ МПа – компресійний модуль деформації ґрунту, для твердого супіску;
- 4) $f = 0,607$ – коефіцієнт тертя ґрунту по РО;
- 5) $2\beta = 46^\circ$ кут при вершині РО.
- 6) $l_u \leq 0,2$ м, $q_u^{cep} = \frac{D_p}{2D} \sigma_1$, довжина робочого органу;
- 7) Глибина прокладання комунікацій $h = 0,5 - 0,6$ м.

Таблиця 3.6

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
	$D_{po} = 25$ мм	$\alpha = 23^\circ$	$L = 120$ мм
	$D_{po} = 50$ мм	$\alpha = 23^\circ$	$L = 120$ мм
	$D_{po} = 54$ мм	$\alpha = 23^\circ$	$L = 120$ мм
	$D_{po} = 60$ мм	$\alpha = 23^\circ$	$L = 120$ мм

3.3 Визначення зусилля проколювання ґрунту конусно-циліндричним РО

Для визначення зусилля проколювання ґрунту конусно-циліндричним РО необхідно знати параметри деформування ґрунту необхідно знати закон зміни його нормального тиску q_x на конусний наконечник (рис. 3.9.) у залежності від деформації x . Визначимо його на основі компресійних кривих для ґрунтів, які можна у першому наближенні представити у вигляді лінійних залежностей [29-33].

$$e_x = e_0 - c_k q_x, \quad (3.10)$$

де e_x – змінний коефіцієнт пористості ґрунту в залежності від деформації;
 e_0 – початковий коефіцієнт пористості ґрунту у природному стані;
 c_k – коефіцієнт компресії ґрунту ($c_k = 0,07 \dots 0,09 (\omega_T - 10)$, МПа⁻¹) [5, 31];
 ω_T – межа текучості ґрунту.

Коефіцієнти пористості e_x і e_0 можна виразити через щільність ґрунту за залежностями [4, 5, 15]

$$e_x = \frac{(1 + \omega) \rho_{ms}}{\rho_x} - 1, \quad e_0 = \frac{(1 + \omega) \rho_{ms}}{\rho_{np}} - 1, \quad (3.11)$$

де ρ_{ms} – щільність твердої фази ґрунту (щільність ґрунту при умові, що в ньому відсутні пори);

ρ_x – змінна щільність ґрунту по висоті конуса, пропорційна зміні площі поперечного перетину конуса;

ρ_{np} – щільність ґрунту в природному стані.

Тоді нормальний тиск ґрунту в кожному поперечному перерізі конуса дорівнює:

$$q_x = \frac{(1 + \omega) \rho_{ms}}{c_k} \left(\frac{1}{\rho_{np}} - \frac{1}{\rho_x} \right). \quad (3.12)$$

					ДІПТ. 6300000. 302. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

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

$$\frac{\pi D^2}{4} \rho_{np} = \frac{\pi}{4} (D^2 - 4x^2) \rho_x, \quad (3.13)$$

де D – діаметр конусного наконечника;

звідки

$$\rho_x = \frac{\rho_{np}}{1 - (2x/D)^2}. \quad (3.14)$$

Знайдемо значення x із залежності (4.5), при якому ґрунт максимально ущільнюється до ρ_{mv} [29].

$$x = \frac{D}{2} \sqrt{1 - \frac{\rho_{np}}{\rho_{mv}}}. \quad (3.15)$$

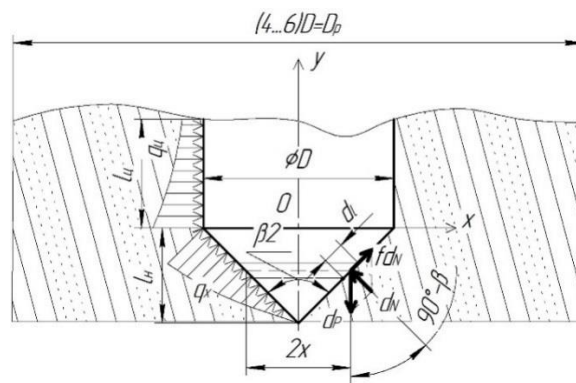


Рис. 3.9. Взаємодія конусно-циліндричного наконечника з ґрунтом

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

$$\frac{\pi D^2}{4} \rho_{np} = \frac{\pi}{4} (D_{\rho_{mv}}^2 - D^2) \rho_{mv}. \quad (3.16)$$

Звідки

$$D_{\rho_{m\epsilon}} = D \sqrt{1 + \frac{\rho_{np}}{\rho_{m\epsilon}}} \quad (3.17)$$

Для зв'язних ґрунтів зона руйнування ґрунту D_p розповсюджується на значно більшу відстань $D_p > D_{\rho_{m\epsilon}}$ [5, 15].

Відповідно до залежності (3.12) закон зміни нормального тиску на бічну поверхню конусного наконечника запишеться у вигляді

$$q_x = E_{zp} \left(\frac{2x}{D} \right)^2, \quad (3.18)$$

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

Закон зміни тиску (3.13), що приведений на рис. 3.10, підтверджений експериментальними даними, для піску [15]. Для розрахунку прийняті наступні вихідні дані:

для твердого піску – $\rho_{m\epsilon} = 2,66 \text{ т/м}^3$; $\rho_{np} = 1,69 \text{ т/м}^3$; $\omega = 6,3\%$;
 $c_k = 0,082 \text{ МПа}^{-1}$;

Елементарна площа конусного наконечника дорівнює

$$dF = 2\pi x \cdot \frac{dx}{\sin\beta}, \quad (3.19)$$

$$\begin{aligned} dP_{np} &= dN \sin\beta + f \cdot dN \cos\beta = dN \sin\beta (1 + f \operatorname{ctg}\beta) = \\ &= q_x \cdot dF \sin\beta (1 + f \operatorname{ctg}\beta) = E_{zp} \left(\frac{2x}{D} \right)^2 2\pi x \frac{dx}{\sin\beta} \times \sin\beta (1 + f \operatorname{ctg}\beta) = . \quad (3.20) \\ &= \frac{8\pi E_{zp}}{D^2} (1 + f \operatorname{ctg}\beta) x^3 dx. \end{aligned}$$

де f – коефіцієнт тертя ґрунту по конусу;

2β – кут при вершині конуса.

Тоді

$$P_{np} = \frac{8\pi E_{zp}}{D^2} (1 + f \operatorname{ctg}\beta) \int_0^{D/2} x^3 dx = \frac{\pi E_{zp} D^2}{8} (1 + f \operatorname{ctg}\beta). \quad (3.21)$$

					ДІПТ. 6300000. 302. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

На рис. 3.10. побудовані залежності зусилля заглиблення конічної частини наконечника в твердий супісок, напівтвердий суглинок і тугопластичну глину від діаметра проколу.

Для побудови графіка залежності рис. 3.10. зусилля заглиблення конусної частини наконечника вихідними даними для розрахунку були: $2\beta = 50^\circ$ для твердого супіску – $E_{zp} = 1,39$ МПа; $f = 0,532$; для напівтвердого суглинка - $E_{zp} = 0,892$ МПа; $f = 0,424$; для тугопластичної глини $E_{zp} = 0,631$ МПа; $f = 0,325$.

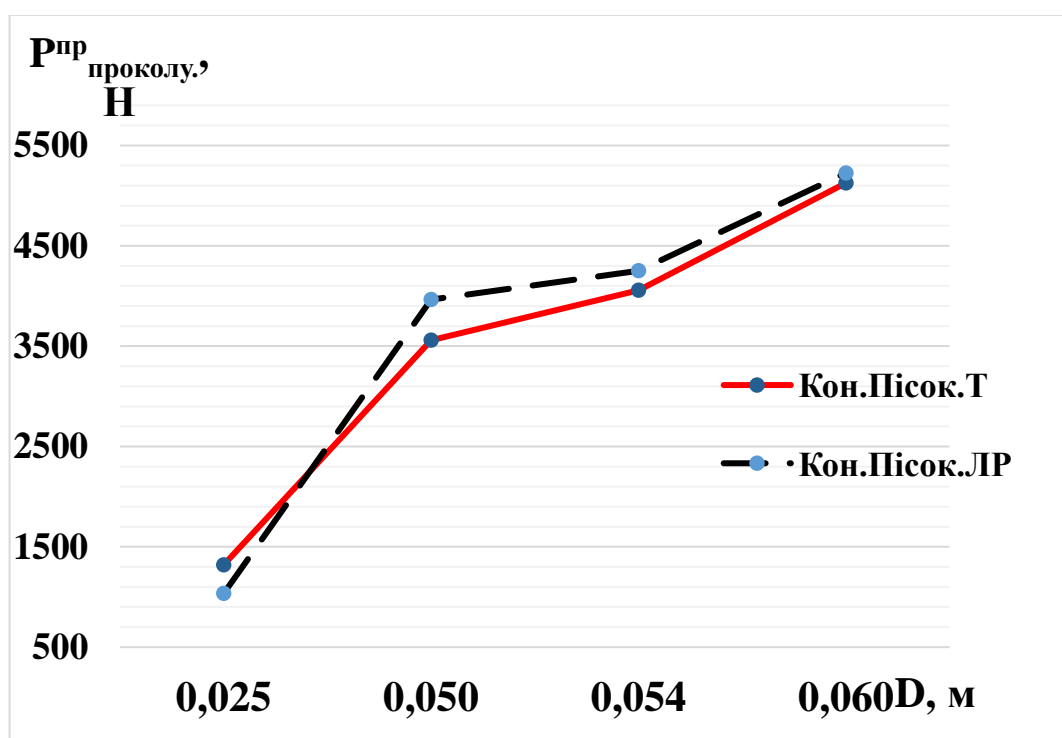


Рис. 3.10. Залежність приведеної сили заглиблення конусної частини наконечника від діаметра проколу: Кон.Пісок.Т – теоретичне значення; Кон.Пісок.ЛР – практичне значення

Визначимо силу тертя на циліндричній поверхні наконечника.

Для визначення сил тертя на циліндричній поверхні наконечника розглянемо фізику процесу проколювання в цілому.

Після формування ґрунтової порожнини конічною частиною наконечника до необхідного діаметра деформування ґрунту в радіальному напрямку припиняється. З цього моменту часу ($t = 0, y = 0$) в напруженому середовищі

встановлюється статична рівновага, коли напруження, які характеризують стан середовища релаксують (зменшуються з часом) у результаті зменшення пружної складової деформації. Такий стан середовища описується рівністю [28, 29, 31].

$$q_u = q_u^{\max} \cdot e^{-\frac{E_V t_u}{k_g}}, \quad (3.22)$$

де q_u^{\max} – максимальний тиск ґрунту на циліндричну частину наконечника;

E_V – модуль пружної об'ємної деформації ґрунту;

k_g – коефіцієнт динамічної в'язкості ґрунту;

t_u – час контакту з ґрунтом циліндричної частини наконечника

$$(t_u = \frac{y}{v});$$

v – швидкість пересування наконечника.

$$q_u^{\max} = \frac{D_p}{D} \sigma_1, \quad (3.23)$$

де D_p – діаметр пружно-пластичної зони (зони руйнування), [28, 29];

σ_1 – напруження на границі пружної і пластичної зон визначили Кравець С. В. і Кованько В. В. [32, 33].

$$\sigma_1 = \frac{-B \pm \sqrt{B^2 + 4AC}}{2A} = \left| \frac{B + \sqrt{B^2 + 4AC}}{2A} \right|, \quad (3.24)$$

$$\text{де } \left\{ \begin{array}{l} A = \sin \varphi_0 (3 - \sin \varphi_0) \\ B = 3c \cdot \cos \varphi_0 - 2,5c \cdot \sin 2\varphi_0 + \gamma_{zp} h (1 + \sin \varphi_0) \\ C = [\gamma_{zp} h (1 + \sin \varphi_0) + 4c \cdot \cos \varphi_0] c \cdot \cos \varphi_0 \end{array} \right\};$$

φ_0 – кут внутрішнього тертя ґрунту, [33];

c – коефіцієнт зчеплення ґрунту, [33];

γ_{zp} – питома сила тяжіння ґрунту;

					ДІПТ. 6300000. 302. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

h – глибина на якій здійснюється прокол.

У момент часу $t = 0$ в поперечному перерізі наконечника в основі конуса діє максимальний контактний тиск (3.23). Якщо $t > 0$, то у зв'язку з тим, що $E_v \gg k_g$ [33], тиск на циліндричній частині наконечника на довжині 10...20 см зменшується за даними [15] до 0,016 ... 0,035 МПа, для діаметрів циліндра від 0,1 до 0,35 м, із збільшенням діаметра залишковий тиск зростає. Тому якщо $l_u \leq 0,2$ м, $q_u^{cep} = \frac{D_p}{2D} \sigma_1$, а якщо $l_u > 0,2$ м, то тиск у залежності від діаметра знаходиться у межах 0,016...0,035 МПа.

Сумарна сила тертя на циліндричній частині наконечника дорівнює

$$F_{mp} = 0,1\pi\lambda f D \sigma_1 + \pi f D (l_u - 0,2) q_3, \quad (3.25)$$

де $\lambda = \frac{D_p}{D}$ – відношення діаметра зони пружно-пластичних деформацій

до діаметра конусного наконечника [33].

Тоді сумарний опір заглибленню конусно-циліндричного наконечника дорівнює

$$P_\Sigma = \frac{\pi E_{ep} D^2}{8} (1 + f \operatorname{ctg} \beta) + 0,1\pi\lambda f D \sigma_1 + \pi f D (l_u - 0,2) q_3. \quad (3.26)$$

Залежність сумарного опору заглиблення на глибині 0,7 м від діаметра наконечника приведена на рис. 3.11. ($l_u = 0,085$ м).

Мінімальна довжина бічної циліндричної поверхні ґрунтопроколюючого пристрою визначається із умови компенсації реакції віддачі зусилля проколювання силами тертя ґрунту на бічній поверхні пристрою $F_{mp} > P_k$ (для саморухомих динамічних пристроїв із внутрішнім підведенням енергії)

$$l_3 > \frac{E_{ep} D}{8q_3} (1 + f \operatorname{ctg} \beta) - \frac{0,1\lambda \sigma_1}{q_3} + 0,2, \text{ м}. \quad (3.28)$$

З урахуванням динамічності процесу [33]:

					ДІПТ. 6300000. 302. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

$$l_3 \geq \frac{(0,3...0,4) E_{zp} D}{8q_3} (1 + f c \operatorname{tg} \beta) - \frac{0,1 \lambda \sigma_1}{q_3} + 0,2, \text{ м.} \quad (3.29)$$

Довжина корпусу збільшується прямопропорційно діаметру наконечника.

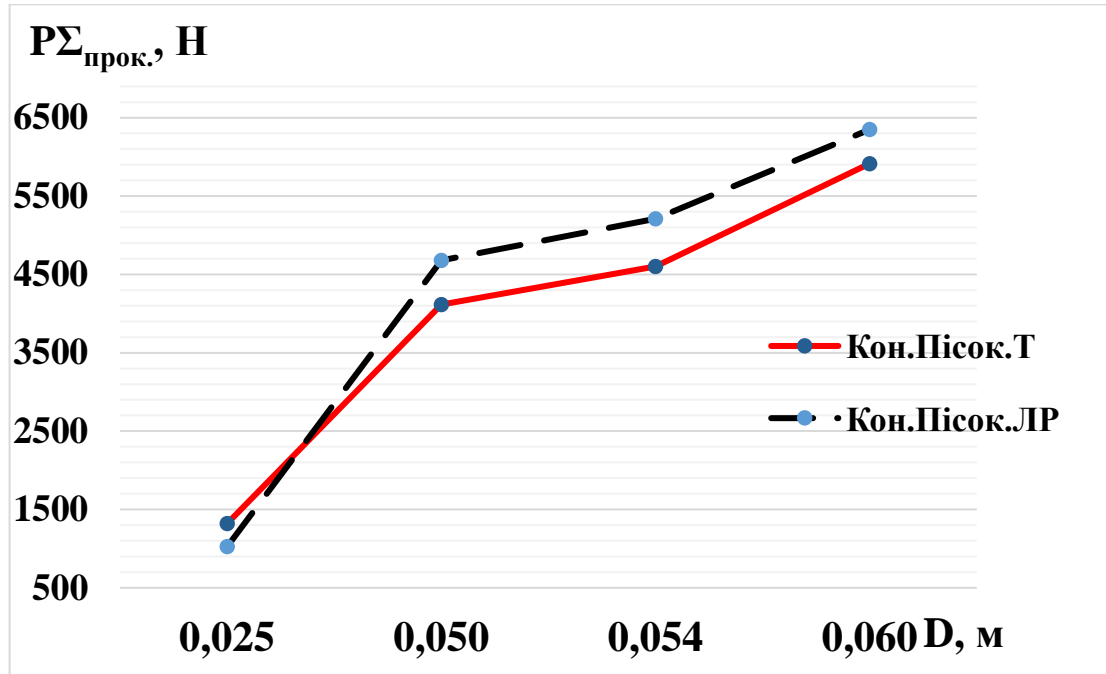


Рис. 3.11. Залежність сумарного опору переміщенню конічно-циліндричного наконечника від діаметра ($l_{ц}=0,085$ м): Кон.Пісок.Т – теоретичне значення; Кон.Пісок.ЛР – практичне значення

$$P_{пр.кон.} = \frac{\pi}{8} D^2 E_{zp} (1 + f c \operatorname{tg} \beta). \quad (3.30)$$

де D – розмір отвору в який вписуються n – футлярів, що прокладаються одночасно рис. 3.12.

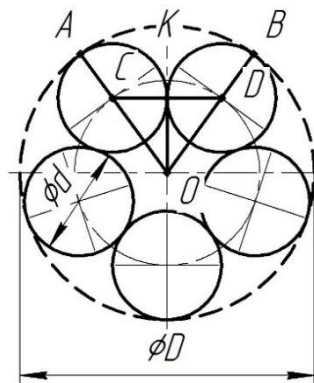


Рис. 3.12. Визначення діаметру отвору при груповому прокладанні n футлярів.

Розглянемо трикутники $\triangle AOB$, $\triangle COD$ та $\triangle KOD$. Кут $\angle KOD = \frac{\pi}{n}$,

звідки

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

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

У загальному випадку для будь якої кількості футлярів:

$$D = \left(1 + \frac{1}{\sin \pi/n}\right) d. \quad (3.31)$$



а)



б)



в)



г)

Рис. 3.13. Робочі органи конусно-циліндричної форми:

а) – пілотний РО – 25 мм, б) – РО для 2 футлярів 50 мм; в) – РО для 3 футлярів 54 мм; г) – РО для 4 футлярів 60 мм;

					ДІПТ. 6300000. 302. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

3.4 Визначення опору розширення ТПГ конусно-циліндричними РО

З отриманих результатів видно, що навіть для лабораторних РО зусилля проколювання сягають 6,5 кН для невеликих розмірів (65 мм в діаметрі). Якщо спроектувати це на реальні робочі органи сили можуть сягнути кількох десятків тон (для 270 мм, ґрунт пісок сила сягає 25 т), це вимагає проєктування робочого обладнання з великими силовими характеристиками, що в свою чергу призведе до збільшення габаритних розмірів, маси та складності конструкції. Посмітюха О.П. та Кравець С.В. на основі праць [15, 31, 33-37] запропонували варіант поетапного розширення ТПГ за декілька проходів, та запропонували теоретичне визначення зусилля проходки розширюючими РО. Слід відмітити, що отвір після першого проходку РО зменшить свої габарити на величину релаксації ґрунту [15, 37, 38]. В роботах Іоселевича В. А. і Вазетдинов, А. С. [38, 39] проведені дослідження та отримані залежності, але вони містять коефіцієнти отримані експериментальним шляхом для кожного ґрунту, а в роботі Посмітюхи О.П. та Кравця С.В. містяться лише загально відомі параметри ґрунту які легко визначаються в лабораторії за типом та вологість ґрунту, що суттєво спрощує визначення сил проколювання та дає можливість оцінки результатів.

Сучасні міські умови вимагають зменшення розмірів руйнувань інфраструктури при модернізації мереж, зменшення собівартості виконання робіт, що відповідно вимагає зменшення об'ємів земляних робіт, а як результат зменшення робочих машин без зниження продуктивності. З цього виходить, що створити суттєві осьові навантаження дуже складно та вартісно. Отож більш перспективними є процеси з використанням пілотного проколювання ґрунту РО та подальшого поступового розширення ТПГ до не обхідних розмірів. Окремо слід зазначити, що використання при цьому засобів керування траєкторією ТПГ сильно спрощує процес та знижує його вартість.

Опір послідовного розширення ТПГ для лінійно протяжних об'єктів після пілотного проходку діаметром отвору d_n .

					ДІПТ. 6300000. 302. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

Якщо прокладання проходить після пілотного проколу d_l , з урахуванням пружних (зворотних) деформацій ґрунту, то опір розширення можна визначити як різницю між повним і пілотним опорами проколювання ґрунту.

Для конусно-циліндричними РО, що розширює ТПГ до потрібного розміру приведені зусилля становить

$$P_{пр.кон.} = \left[\frac{\pi D_{роз.}^2}{8} E_{зр} (1 + fctg\beta_{кон}) \right] - \left[\frac{\pi \left(d_l^2 - \frac{\sigma_1}{E_v} d_l^2 \right)}{8} E_{зр} (1 + fctg\beta) \right] \quad (3.32)$$

де d_l – діаметр піотної свердловини, мм;

$D_{роз.}$ – діаметр розширюючого конуса, мм;

Для побудови прийемо для робочих органів [33, 64, 6]:

- розмір пілотного РО $d_l = 0,025$ м;
- довжина РО $l_u = 0,085$ м;
- кількість однакових футлярів, що прокладаються одночасно $n=1 \dots 4$ шт.;
- глибина прокладання комунікацій $h=0.7$ м;
- діаметр футлярів 25 мм;
- характеристики піску – $\omega = 6\%$, $c = 0,0$ МПа, $\lambda = 15,961$, $E_{зр} = 7,293$

МПа, $a_q = 0,075$, $a_{def} = 86,8d$.

Побудуємо графіки для порівняння $R_{\Sigma прк.}$ сумарної сили проколювання ґрунту конусно-циліндричним РО теоретичного та лабораторного значення відповідно (рис. 3.17, 3.18).

					ДІТ. 6300000. 302. МРПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

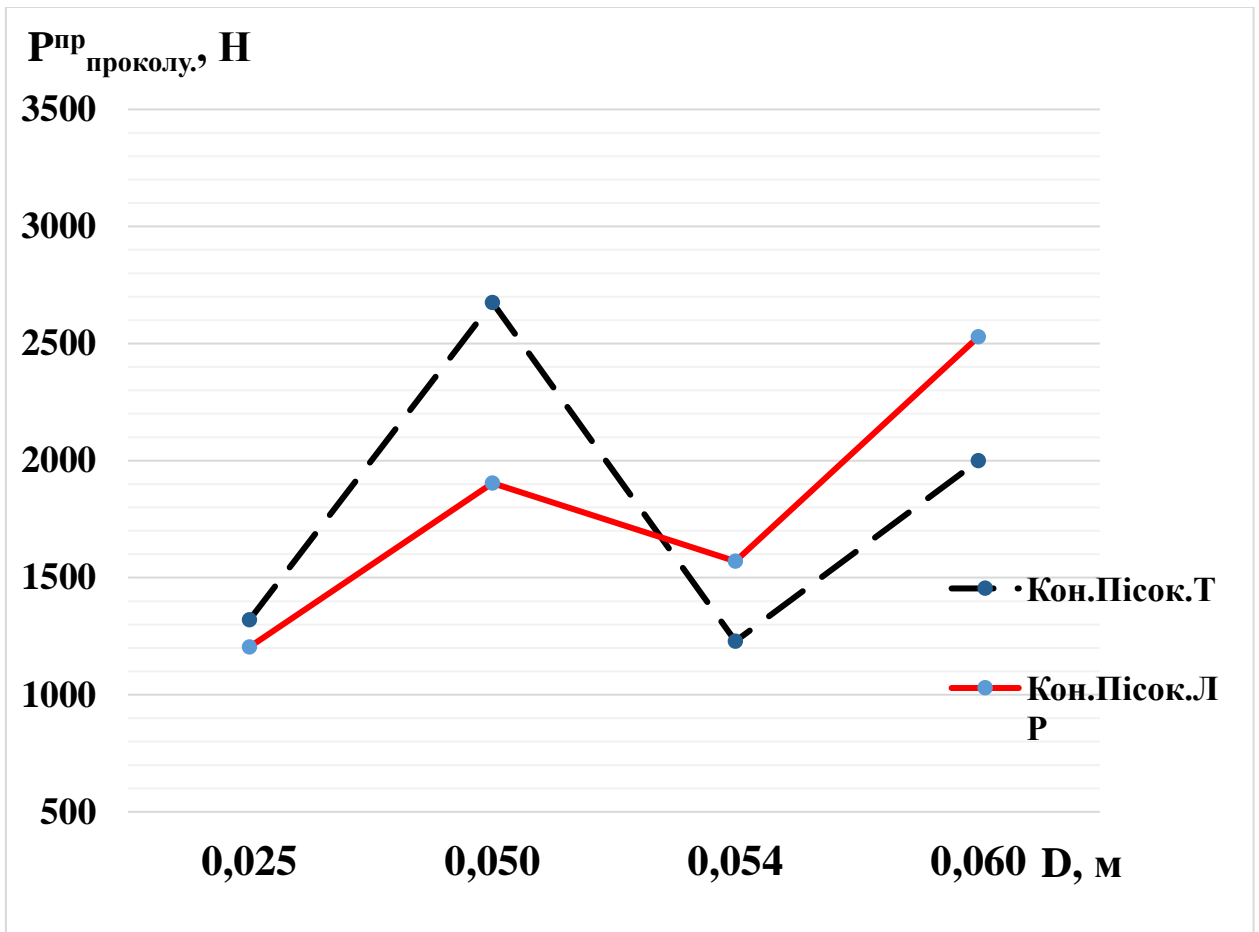


Рис. 3.17. Приведена сила проколювання ТПГ, конусно-циліндричний РО, при діаметрі футлярів 25 мм, кількості – n=1...4 шт, діаметр пілотного РО $d_l = 0,025$ м, глибина прокладання комунікацій $h=0.7$ м: Кон.Пісок.Т – теоретичне значення; Кон.Пісок.ЛР – практичне значення

Суттєве збільшення сили проколювання наконечником РО конусно-циліндричної форми при отриманні ТПГ для 2 футлярів пояснюється збільшенням розміру отвору в два рази.

Для порівняння побудуємо графіки $R_{\Sigma рши.}$ зусилля проколювання при поступовому розширенні ТПГ наконечником, що послідовно збільшує свої розміри на один футляр з урахуванням тертя по циліндричній частині РО.

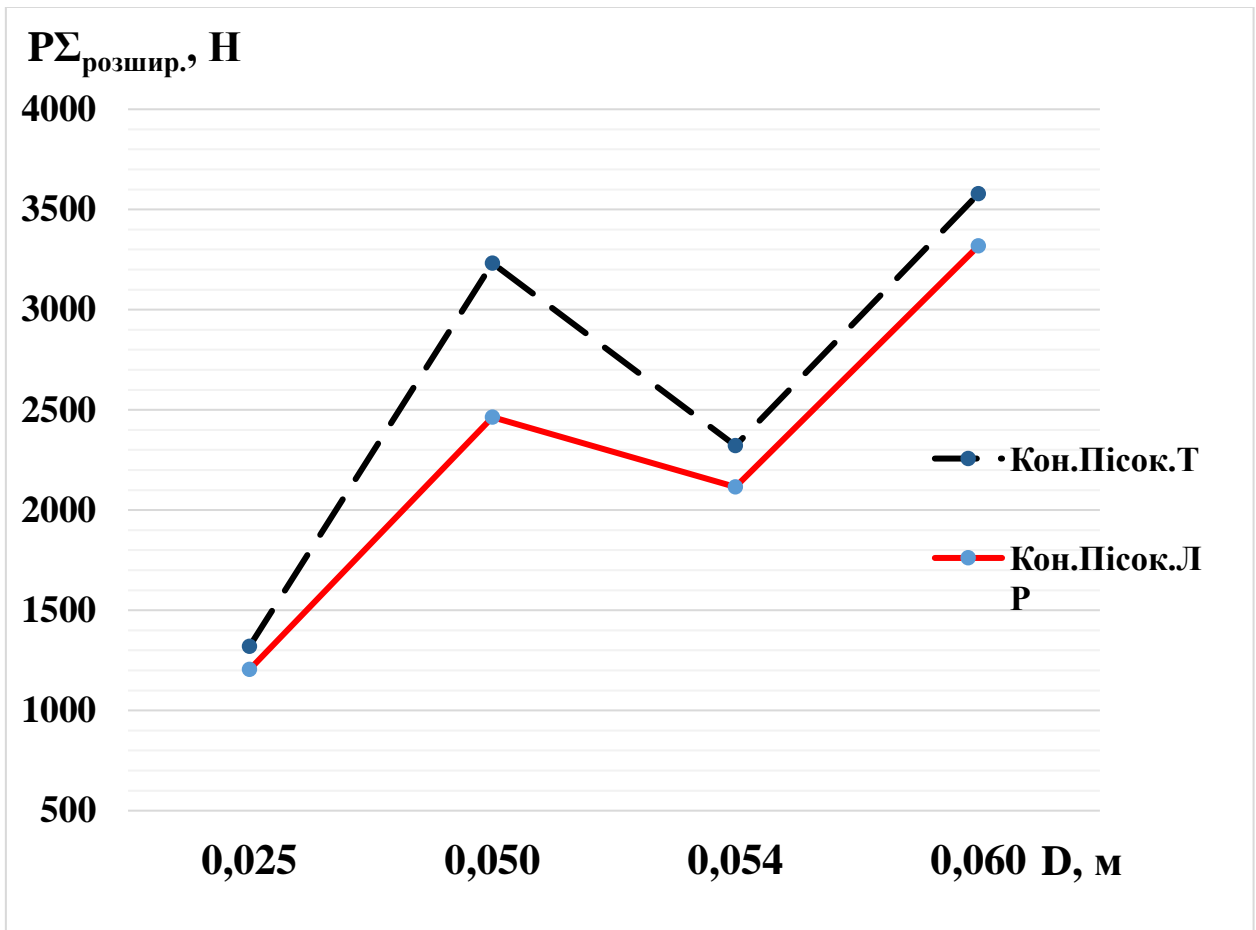


Рисунок 3.18. – Сумарна сила проколювання ТПГ, конусно-циліндричний РО, при діаметрі футлярів 25 мм, кількості – $n=1 \dots 4$ шт, діаметр пілотного РО $d_{л}=0,025$ м, глибина прокладання комунікацій $h=0.7$ м: Кон.Пісок.Т – теоретичне значення; Кон.Пісок.ЛР – практичне значення

Суттєве скачки сили розширення отворів наконечником традиційної конічно-циліндричної форми при отриманні ТПГ для 2 футлярів пояснюється збільшенням розміру отвору в два рази.

Провели аналітичні дослідження по визначенню робочих зусиль проколювання ТПГ у ґрунті, та оптимізації параметрів РО для зменшення впливу на сусідні підземні комунікації, встановили тиск ґрунту на комунікації які потрапляють у зону дії пружно-пластичних деформацій. За отриманими залежностями та графіками визначили мінімальну глибину проколювання ТПГ.

Вихідними даними ґрунтів при виконання розрахунків зусиль проколювання ТПГ для прокладання комунікацій або проектуванні обладнання для ста-

тичного проколювання ϵ : тип ґрунту і його вологість; кути зовнішнього та внутрішнього тертя; питома сила тяжіння ґрунту; коефіцієнти зчеплення, компресії, Пуассона, бічного тиску; компресійний модуль, модулі загальної та об'ємної деформацій. Всі ці показники, як правило, визначені та приведені в нормативних документах для різних типів ґрунтів або легко визначаються стандартизованими методами лабораторного визначення фізичних властивостей ґрунтів.

					ДІТ. 6300000. 302. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ. ПОЖЕЖА НА ЛАБОРАТОРІЇ ЗАХОДИ ПРОТИПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ, ІНСТРУКТАЖІ ТА ЇХ ПРОВЕДЕННЯ

4.1 Організаційні заходи щодо забезпечення пожежної безпеки

Пожежа – неконтрольоване горіння, яке здатне розповсюджуватись самостійно поза межами спеціального вогнища [40] – НАКАЗ МОН України. «Про затвердження Правил пожежної безпеки для навчальних закладів та установ системи освіти України».

Лабораторія відноситься до категорії Д приміщень з вибухонебезпечності та пожежної небезпеки: «Речовини та матеріали, зазначені вище для категорій приміщень А, Б, В (крім горючих газів) у такій кількості, що їх питома пожежна навантаження для твердих та рідких горючих речовин на окремих ділянках площею не менше 10 м² кожна не перевищує 180 МДж/м², а також, негорючі речовини та/або матеріали в холодному стані, за умови, що приміщення, в яких знаходяться (звертаються) вищезазначені речовини та матеріали, не належать до категорій А, Б та В» [53] НАПБ Б.03.002-2007 «Нормы определения категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности»

Керівники закладів та установ з метою забезпечення протипожежного режиму зобов'язані:

- призначити відповідальних осіб за пожежну безпеку та визначити їх обов'язки щодо забезпечення пожежної безпеки, що мають бути передбачені у функціональних обов'язках, посадових інструкціях тощо;
- забезпечити розробку і затвердити орієнтовний план евакуації студентів та порядок дії учасників навчально-виховного процесу і працівників на випадок виникнення пожежі. План евакуації та порядок евакуації повинні переглядатися один раз на три роки;

					ДІПТ. 6300000. 302. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

- розробити та затвердити інструкцію що визначає дії працівників закладу на випадок виникнення пожежі, проводити практичні тренування 2 рази на рік всіх працівників.

-
Первинні засоби пожежогасіння призначені для ліквідації невеликих осередків пожеж, а також для гасіння пожеж у початковій стадії їх розвитку силами персоналу об'єктів до прибуття штатних підрозділів пожежної охорони.

Частіше використовують такі види первинних засобів пожежогасіння вогнегасники;

- пожежний інвентар (покривала з негорючого теплоізоляційного полотна, грубововняної тканини або повсті, ящики з піском, бочки з водою, пожежні відра, совкові лопати);

- пожежний інструмент (гаки, ломи, сокири тощо).

Первинні засоби пожежогасіння можуть розміщуватися на пожежних щитах.

У навчальних закладах для студентів та магістрантів проводиться вивчення правил пожежної безпеки, а також навчання діям на випадок пожежі.

Посадові особи та працівники проходять навчання та перевірку знань з питань пожежної безпеки у порядку, встановленому постановою Кабінету Міністрів України від 26 червня 2013 року № 444 «Про затвердження Порядку здійснення навчання населення діям у надзвичайних ситуаціях».

Приступати до роботи особам, які не пройшли навчання, протипожежного інструктажу і перевірки знань з питань пожежної безпеки, **забороняється**.

Вимоги пожежної безпеки до утримання території, будівель, приміщень та споруд, евакуаційних шляхів і виходів

Території лабораторії слід постійно утримувати в чистоті.

					ДІПТ. 6300000. 302. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

Дороги, проїзди та проходи до будівель, споруд, пожежних вододжерел, а також підступи до пожежного інвентарю, обладнання та засобів пожежога-сіння мають бути завжди вільними, утримуватися справними, взимку очища-тися від снігу.

Забороняється тютюнопаління у приміщеннях лабораторії. Для всіх бу-дівель та приміщень виробничого, складського призначення і лабораторій по-винна бути визначена категорія щодо вибухопожежної та пожежної небезпеки, написи про такі відомості повинні розміщуватися на вхідних дверях ззовні та усередині приміщення

У кожному приміщенні лабораторії повинна бути розміщена табличка, на якій указано прізвище відповідального за пожежну безпеку, номер теле-фону найближчого пожежно-рятувального підрозділу, а також інструкція з по-жежної безпеки.

Під час перебування студентів та магістрантів в лабораторіях дозволя-ється двері евакуаційних виходів замикати лише зсередини за допомогою за-порів (засувів, крічків тощо), які легко (без ключів) відмикаються.

Будівлі університету та лабораторії повинні бути обладнані засобами оповіщення людей про пожежу. Для оповіщення можуть бути використані:

- внутрішня телефонна та радіотрансляційна мережі;
- спеціально змонтовані мережі мовлення;
- дзвінки та інші звукові сигнали.

У будівлях університету не дозволяється:

- використовувати електроплитки, кип'ятильники, електрочайники, газові плити тощо для приготування їжі, за винятком спеціально обладнаних приміщень;
- захарашувати шляхи евакуації;
- здійснювати вогневі, електрогазозварювальні та інші види поже-жонебезпечних робіт у будівлях у разі наявності в їх приміщеннях людей.

					ДІПТ. 6300000. 302. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

Вогневі та зварювальні роботи можуть виконуватися тільки з письмового дозволу проректора з господарської роботи з оформленням наряду-допуску. Ці роботи мають проводитися згідно з вимогами правил пожежної безпеки під час проведення зварювальних та інших вогневих робіт і розділу [41].

Усі будівлі і приміщення університету мають бути забезпечені первинними засобами пожежогасіння

Серед первинних засобів пожежогасіння найважливіша роль відводиться самим ефективним з них - вогнегасникам. Встановлено, що з використанням вогнегасників успішно ліквідують загоряння протягом перших 4 хв з моменту їх виникнення, тобто до прибуття пожежних підрозділів.

4.2 Загальні вимоги пожежної безпеки до інженерного обладнання

Системи опалення, вентиляції та установки кондиціонування повітря повинні відповідати вимогам ДБН В.2.5-67:2013 “Опалення, вентиляція та кондиціонування” [43]. Перед початком опалювального сезону теплові мережі, та інші прилади опалювання, закладів та установ повинні бути ретельно перевірені та відремонтовані. Результати перевірок фіксуються у спеціальному журналі із зазначенням дати, прізвища особи, яка здійснювала перевірку, та її підпису. Несправні опалювальні прилади до експлуатації не допускаються.

Опалювальні установки лабораторії повинні відповідати протипожежним вимогам будівельних норм, державних стандартів і правил інших нормативно-правових актів.

Експлуатація вентиляційних систем здійснюється відповідно до пункту 2 розділу IV Правил пожежної безпеки [41]. Експлуатаційний та протипожежний режим роботи установок (систем) вентиляції повинен визначатися відповідними інструкціями.

Експлуатація холодильного обладнання та побутових кондиціонерів здійснюється згідно з пунктом 2 розділу IV Правил пожежної безпеки та вимог інструкції виробника.

					ДІПТ. 6300000. 302. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

У приміщенні лабораторії слід розміщати лише необхідні для забезпечення освітнього процесу (навчальних та позаурочних занять) меблі, прилади, моделі, речі, приладдя тощо, які повинні зберігатись у шафах, на стелажах або на стаціонарно встановлених стояках.

4.3 Електроустановки

Електричні мережі та електрообладнання, що використовуються у лабораторіях, та їх експлуатація повинні відповідати вимогам Правил улаштування електроустановок (далі - ПУЕ) [44] та Правил технічної експлуатації електроустановок споживачів [45], Правил безпечної експлуатації електроустановок споживачів [46].

Усі роботи в закладах та установах повинні проводитися на справному електрообладнанні (ізоляція електропроводки, пускачі, штепселі, розетки, вимикачі та інша апаратура, заземлення, занулення тощо)

Улаштування та експлуатація тимчасових електромереж у навчальних закладах та установах забороняються. Винятком можуть бути тимчасові електромережі тимчасових ремонтно-монтажних і аварійних робіт

У всіх приміщеннях (незалежно від їх призначення), які після закінчення робіт замикаються і не контролюються черговим персоналом, з усіх електроустановок та електроприладів, а також з мереж їх живлення повинна бути відключена напруга (за винятком чергового освітлення, протипожежних та охоронних установок, а також установок, що за вимогами технології працюють цілодобово).

Захист будівель, споруд та зовнішніх установок від прямого попадання блискавки і вторинних її проявів має виконуватися згідно з вимогами ДСТУ Б В.2.5-38:2008 “Інженерне обладнання будинків і споруд. Улаштування блискавкозахисту будівель і споруд” [46].

					ДІПТ. 6300000. 302. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

Експлуатувати електромережі, електроприлади та іншу електроапаратуру допускається тільки у технічно справному стані, враховуючи рекомендації підприємства виробника в разі виявлення пошкоджень електромереж, вимикачів, розеток, інших електроприладів слід негайно знеструмити їх та вжити необхідних заходів щодо приведення їх до пожежобезпечного стану.

4.4 Основні правила евакуації при пожежі в лабораторії

Під час проведення евакуації та гасіння пожежі необхідно:

- з урахуванням обстановки, що склалася, визначити найбезпечніші евакуаційні шляхи і виходи до безпечної зони у найкоротший строк;
- ліквідувати умови, які сприяють виникненню паніки. З цією метою працівникам закладів та установ не можна залишати дітей без нагляду з моменту виявлення пожежі та до її ліквідації;
- евакуацію людей слід починати з приміщення, у якому виникла пожежа, і суміжних з ним приміщень, яким загрожує небезпека поширення вогню і продуктів горіння. Дітей молодшого віку і хворих слід евакуювати в першу чергу;
- у зимовий час на розсуд осіб, які здійснюють евакуацію, діти старших вікових груп можуть заздалегідь одягтися або взяти теплий одяг із собою, а дітей молодшого віку слід виводити або виносити, загорнувши в ковдри або інші теплі речі;
- ретельно перевірити всі приміщення, щоб унеможливити перебування у небезпечній зоні дітей;
- виставляти пости безпеки на входах у будівлі, щоб унеможливити повернення дітей і працівників до будівлі, де виникла пожежа;
- у разі гасіння слід намагатися у першу чергу забезпечити сприятливі умови для безпечної евакуації людей;
- з метою запобігання поширенню вогню, диму утримуватися від відчинення вікон і дверей, а також від розбивання скла.

					ДІТ. 6300000. 302. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

Залишаючи приміщення або будівлі, що постраждали від пожежі, потрібно зачинити за собою всі двері і вікна.

Під час експлуатування та обслуговування лабораторного стенду для дослідження робочих органів ґрунтопроколюючих машин мають виконуватись НАПБ А.01.001-2014 Правила пожежної безпеки в Україні [47, 48].

Відповідальність за пожежну безпеку окремих лабораторій, своєчасне виконання протипожежних заходів, наявність та справність засобів пожежогашіння несуть завідувачі лабораторією або відповідальні згідно з наказом по кафедрі.

Основними причинами виникнення пожежі під час виконання випробувань можуть бути: не дотримання застережних заходів, неправильна експлуатація електромереж, необережне поводження з вогнем, самозагорання матеріалів від зовнішніх джерел тепла тощо.

ВОГНЕГАСНИКОМ називається переносне чи пересувне обладнання для гашіння осередків пожежі за рахунок випуску запасеної вогнегасної речовини (рис. 4.1). Кожна лабораторія обладнана вогнегасником порошкового типу ВП по ДСТУ 3575-98. Вогнегасник закріплений в місці зі швидким доступом [55] Рожков А. П. «Пожежна безпека».

Загальний принцип роботи вогнегасника полягає в утворенні надлишкового тиску в корпусі (за винятком закачних), під дією якого вогнегасна речовина подається до осередку пожежі.

Для лабораторії площею до 100 м² відповідно до норм первинних засобів пожежогашіння для закладів та установ (з урахуванням НАПБ 03.001-2004) [40] НАКАЗ. «Про затвердження Правил пожежної безпеки для навчальних закладів та установ системи освіти України» має бути встановлено не менше 1 вогнегасника ВП-5 (5 кг речовини). На кожне приміщення свій вогнегасник, на коридор також.

					ДІПТ. 6300000. 302. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

Технічне обслуговування (перезарядка) вогнегасників проводиться згідно з ДСТУ 4297:2004 – щороку.

Під час застосування порошкових вогнегасників необхідно брати до уваги можливість утворення високої запиленості, і як наслідок – зниження видимості

У разі виявлення ознак пожежі (горіння) кожний громадянин зобов'язаний:

- негайно повідомити про це за **телефоном 101**. При цьому необхідно назвати місцезнаходження об'єкта, вказати кількість поверхів будинку, місце виникнення пожежі, обстановку на пожежі, наявність людей, а також повідомити своє прізвище;

- вжити (за можливості) заходів щодо евакуювання людей, гасіння (локалізації) пожежі первинними засобами пожежогасіння та збереження матеріальних цінностей;

- якщо пожежа виникла на підприємстві, повідомити про неї керівника чи відповідну компетентну посадову особу та (або) чергового на об'єкті;

- у разі необхідності викликати інші аварійно-рятувальні служби.

Посадова особа об'єкта, що прибула на місце пожежі, зобов'язана:

- перевірити, чи викликана Оперативно-рятувальна служба цивільного захисту (продублювати повідомлення), довести подію до відома власника підприємства;

- у разі загрози життю людей негайно організувати їх рятування (евакуацію), використовуючи для цього наявні сили й засоби;

- видалити за межі небезпечної зони всіх працівників, не пов'язаних з ліквідуванням пожежі;

- припинити роботи в будинку (якщо це допускається технологічним процесом виробництва), крім робіт, пов'язаних із заходами щодо ліквідування пожежі;

					ДІПТ. 6300000. 302. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

- здійснити в разі необхідності відключення електроенергії (за винятком систем протипожежного захисту), зупинення транспортуючих пристроїв, агрегатів, апаратів, перекриття сировинних, газових, парових та водяних комунікацій, зупинення систем вентиляції в аварійному та суміжних з ним приміщеннях (за винятком пристроїв протидимового захисту) та здійснити інші заходи, що сприяють запобіганню розвитку пожежі та задимленню будинку;
- перевірити включення оповіщення людей про пожежу, установок пожежогасіння, протидимового захисту;
- організувати зустріч підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту, надати їм допомогу у виборі найкоротшого шляху для під'їзду до осередку пожежі та в установці техніки на зовнішні джерела водопостачання;
- одночасно з гасінням пожежі організувати евакуацію і захист матеріальних цінностей;
- забезпечити дотримання безпеки праці працівниками, які беруть участь у гасінні пожежі

Евакуаційні шляхи та виходи повинні завжди утримуватися вільними, нічим не захащені.

Пожежна безпека при виконання бурових робіт в польових умовах

Територія навколо проколюючої установки має бути очищена від сухої трави, хмизу, стерні, чагарнику і дерев у радіусі 5 м. По межах цих територій потрібно прокласти мінералізовану смугу шириною не менше 0,4 м і підтримувати її на протязі всього періоду буріння на даній точці в очищеному стані.

Забороняється забруднювати територію горючими матеріалами. Використані і промаслені матеріали знищуються в спеціально передбачених для цього місцях [56].

Забороняється на проколюючій установці або поруч:

- розпалювати вогнище і застосовувати факели та інші джерела вогню;
- зберігати запас палива понад змінну потребу;

					ДІПТ. 6300000. 302. МРПЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- розташовувати електропроводку у місцях можливого її пошкодження;
- утеплювати бурову вишку і бурову будівлю легкозаймистими матеріалами.

Організація охорони праці.

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 [50, 51, 54] ДБН А.3.2-2-2009 «Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення»

					ДІТ. 6300000. 302. МРІЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

ВИСНОВОК

В роботі розглянуті основні питання по визначенні зусилля поступового ступінчатого розширювання ТПГ конусно-циліндричні РО для лінійно протяжних об'єктів ЛПО.

При опрацюванні теми виконали 4 розділи в яких розглянуто аналіз існуючих методів отримання ТПГ для прокладання лінійно протяжних об'єктів ЛПО, проведено патентний огляд способів розширення ТПГ та форми РО, які для цього використовуються, наведені теоретичні викладки та експериментальні дослідження, створено креслення та виготовлено досліджувані робочі органи у вигляді конуса з виступами біля його основи за бокові поверхні калібруючої циліндричної частини РО, розглянули питання пожежної безпеки при проведенні досліджень а також виконання робіт в полі по статичному проколюванню ТПГ та роботи по захисту працівників в умовах пожежі, пророблено 56 літературних джерела.

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

а) Отримані залежності компресійного модуля деформації лабораторного ґрунту типу пісок, в залежності від його вологості та складу.

б) Отримана залежність для визначення сили розширення ТПГ, що дозволило встановити оптимальні діаметри РО, відносно характеристик силового блоку, установки для статичного проколювання ґрунту, розмірів та кількості ЛПО, що мають бути розміщені групами по 2-9 шт в ТПГ, які прокладаються під дорогами та об'єктами інфраструктури.

с) Проведені експерименти та виконані порівняння з теоретичними значеннями, побудовані графіки залежностей.

					ДІПТ. 6300000. 302. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

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

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

3) 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.

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

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

6) Деркач, І. Л. Міські інженерні мережі: Навч. посібник / І. Л. Деркач. – Харків: ХНАМГ, 2006. – 97 с.

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

					ДІПТ. 6300000. 302. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

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

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

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

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

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

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

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

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

16) Краснолудский, Н. В. Методика определения основных геометрических параметров вибронаконечника для бестраншейной прокладки коммуникаций методом вибропрокола / А. В. Краснолудский, Н. В. Краснолудский

					ДІП. 6300000. 302. МРІЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

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

17) Руководство по проходке горизонтальных скважин при бестраншейной прокладке инженерных коммуникаций / ЦНИИОМТП Госстроя СССР. – М.: Стройиздат, 1982. – 96 с.

18) Зеленин, А. Н. Машины для земляных работ / А. Н. Зеленин, В. И. Баловнев, И. П. Керов. – М.: Машиностроение, 1975. – 423 с.

19) Машины для бестраншейной прокладки подземных коммуникаций: учебное пособие / С. В. Кравець, В. К. Руднев, Н. Д. Каслин, В. Н. Супонев. – Харьков: ООО «Фавор», 2008. – 256 с.

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

21) Патент України, №72790, МПК E02P5/18. Спосіб розширення горизонтальної свердловини / Олексин В. І., Супонев В. М., Каслін Н. Д., Руднев В. К.; заявник і патентовласник Олексин В. І., Супонев В. М., Каслін Н. Д., Руднев В. К.; заявл. 02. 03. 2012; опубл.27.08.2012, Бюл. № 16. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://uapatents.com/5-72790-sposib-rozshirennya-gorizontavno-sverdlovini.html> – Назва з екрана. – Перевірено: 19.11.2021

22) Патент на полезную модель, республика Беларусь, ВУ 10282, МПК E 02F 5/18. Устройство для бестраншейной прокладки трубопроводов методом прокола/ Пчелин В. Н.; Пойта П. С.; Чернюк В. П.; Юськович В. И.; Макаревич Е. В. (ВУ); заявл. 19.02.2014; опубл. 30.08.2014, Бюл. и 20140065. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.slideshare.net/ivanov15666688/10282-53790408> – Назва з екрана. Перевірено: 09.12.2021

23) Патент RU 2163956. Устройство для расширения скважины при бестраншейной прокладке трубопровода / Минаев В.И. Сезин А.И. заявл.

					ДІПТ. 6300000. 302. МРІЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

1999.09.03; опубл. 2001.03.10. Бюл. № 23[Електронний ресурс] Режим доступу: https://yandex.ru/patents/doc/RU2163956C1_20010310. – Название с экрана. – Проверено: 09.12.2021.

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

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

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

27) Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни “Машини для прокладання підземних комунікацій” для студентів спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» в галузі знань 13 «Механічна інженерія» всіх форм навчання / С.В. Кравець, О.В. Косяк. – Рівне: НУВГП, 2017. – 47 с.

28) 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>

					ДІПТ. 6300000. 302. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

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

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

31) Кованько В. В. Біомеханічні основи створення підземнорухомих пристроїв підвищеної ефективності: Монографія / В. В. Кованько. – Рівне: НУВГП, 2011. –198 с.

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

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

34) Chehab, A. G., Moor I. D. One-dimensional calculation for axial pullback for axial pullback distributions in pipes during directional drilling installations. *Ottava Geo*, 2007. P. 1140–1154.

35) Erez N. Allouche, Samuel T. Ariaratnam, State-Of-The-Art-Review Of No-Dig Technologies for New Installations. Published online: April 26. 2012. [https://doi.org/10.1061/40641\(2002\)55](https://doi.org/10.1061/40641(2002)55).

36) Najafi M. and Sanjiv Gokhale. (2021) *Trenchless Technology: Pipeline and Utility Design, Construction, and Renewal, Second Edition Hardcover*. McGraw-Hill Education, – 544 p.

					ДІПТ. 6300000. 302. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77

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

38) Иоселевич, В. А. Задача о расширении цилиндрической полости в пластичном упрочняющемся грунте / В. А. Иоселевич, Г. А. Гахтаури // Сообщ. АН Груз. ССР. – 1980. – №2. – С. 11–16.

39) Вазетдинов, А. С. Опыт определения усилий внедрения и местоположения в грунте головного снаряда при проколе. / А. С. Вазетдинов // Водоснабжение и санитарная техника. – 1958. – №1. – С. 21–26.

40) Міністерство освіти і науки України – НАКАЗ. Про затвердження Правил пожежної безпеки для навчальних закладів та установ системи освіти України: від 08 вересня 2016 р. № 1229/29359 – Київ. 2016. – 18 с

41) Міністерство Внутрішніх Справ України – Наказ. Про затвердження Правил пожежної безпеки в Україні: від 05 березня 2015 р. № 252/26697, поточна редакція від 22.01.2021, підстава - z0010-21. – Київ. 2015. – 53 с.

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

43) Державні будівельні норми України. ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування». Затв. та введ в дію наказом від 22.12.2011 р. № 1586-01/13/3-11 / Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України – Київ: Мінрегіон України, 2013. – 240 с.

44) Правила улаштування електроустановок (ПУЕ) Наказ від 21.07.2017 № 476, Міністерство енергетики та вугільної промисловості України. Київ 2017. – 617 с.

					ДІПТ. 6300000. 302. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		78

45) Міністерство палива та енергетики України – наказ: Про затвердження Правил технічної експлуатації електроустановок споживачів: від 25 жовтня 2006 р. № 258, поточна редакція від 21.02.2017, підстава - z0132-17. – Київ. 2006. – 83 с.

46) ДСТУ Б В.2.5-38:2008 “Інженерне обладнання будинків і споруд. Улаштування блискавкозахисту будівель і споруд” (ІЕС 62305:2006, NEQ).

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

48) НАПБ А.01.001-2014 Правила пожежної безпеки в Україні [Текст]: Наказ Міністерства внутрішніх справ України від 30.12.2014 №1417, поточна редакція від 25.11.2020, підстава – №830. – Київ. 2014. – 86 с.

49) Кодекс цивільного захисту України [Текст]. – Київ, 2012.

50) 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

51) НПАОП 0.00-6.23-92 Порядок проведення атестації робочих місць за умовами праці.

52) ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги: від 31.10.2016 р. № 287.– Київ.: Мінрегіон України, 2016. – 59 с.

53) НАПБ Б.03.002-2007 Нормы определения категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности: от 3 декабря 2007 года № 833 Министерства Украины по вопросам чрезвычайных ситуаций и делам защиты населения от последствий Чернобыльской катастрофы. – Киев, – 2007. – 27 с.

54) ДБН А.3.2-2-2009 „Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення.

					ДІТ. 6300000. 302. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		79

55) Рожков А. П. Пожежна безпека [Текст] Навчальний посібник для студентів вищих закладів освіти України / А. П. Рожков. – Київ: Пожінформ-техніка, 1999. – 256 с.

56) ДСанПіН 2.2.7.029-99 «Ґрунт, очистка населених місць, побутові та промислові відходи, санітарна охорона ґрунту» «Гігієнічні вимоги щодо поводження з промисловими відходами та визначення їх класу небезпеки для здоров'я населення»: від 01.07.1999 р. № 29, поточна редакція від 16.09.2014, підстава - п0009773-14. – Київ. 2006. – 14 с

					ДІТ. 6300000. 302. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		80