

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Партика Віктор Петрович

УДК 624.19

**УПРАВЛІННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНИМ СТАНОМ ҐРУНТОВОГО
МАСИВУ, ЗАКРІПЛЕНОГО ПОЛІМЕРНО-АРМОВАНИМ ЕКРАНОМ**

Спеціальність 184 Ґрництво (Ґеотехнічне і міське підземне будівництво)

Автореферат
магістерської дисертації (за професійним спрямуванням)

Київ 2018

Дисертація є рукопис.

Робота виконана на кафедрі геоінженерії Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник	кандидат технічних наук Загоруйко Євген Анатолійович, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», доцент кафедри геоінженерії
Рецензент	

Захист відбудеться «___» грудня 2018 року о ___ годині на засіданні ЕК кафедри геоінженерії у «КПІ ім Ігоря Сікорського» за адресою: 03056, м. Київ-56, вул Борщагівська, 115, ауд.511.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Проблема дослідження напружено-деформованого стану ґрунтового масиву є надзвичайно важливою для підземного будівництва. Деформації конструкцій, що виникають під час будівництва та експлуатації підземних об'єктів повинні бути чітко визначені та окреслені адже від цього залежить не лише довговічність споруди, а і безпека людей, які будуть нею користуватися. Окрім того, сам процес проходки тунелю у нестійких породах є неможливим у слабких породах без попереднього їх закріплення.

У практиці геобудівництва постійно використовуються ті чи інші технології укріплення ґрунтового масиву з ціллю зменшення майбутніх деформацій конструкцій. Трансформації технічного забезпечення, удосконалення засобів та матеріалів будівництва потребує виникнення нових, більш сучасних будівельних технологій. На нашу думку, актуальним є дослідження способу закріплення ґрунтового масиву полімерно-армованим захисним екраном.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконувалась на кафедрі геоінженерії НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського» відповідно до «Загальнодержавної програми розвитку Мінерально-сировинної бази України на період до 2030 року» (закон України від 21 Квітня 2011 року № 3268- VI).

Мета і задачі дослідження. Метою роботи є дослідження зміни напружено-деформованого стану ґрунтового масиву, що виникає під час спорудження підземних об'єктів і розробка способу закріплення нестійких порід полімерно-армованим захисним екраном.

Для досягнення поставленої мети слід розв'язати наступні задачі:

- проаналізувати особливості зміни напружено-деформованого стану ґрунтового масиву, їх причини та наслідки;
- проаналізувати способи закріплення нестійких порід;
- змоделювати та теоретично обґрунтувати використання методу захисного екрану;
- дослідити спосіб посилення стійкості захисного екрану з обсадних труб шляхом використання зв'язуючих полімерних матеріалів.

Об'єктом дослідження є напружено-деформовані стани ґрунтового масиву закріпленого полімерно-армованим захисним екраном.

Предметом дослідження є вплив спорудження полімерно-армованого захисного екрану на напружено-деформований стан ґрунтового масиву.

Методи дослідження: методологічною базою дослідження є використання загальнонаукових методів дослідження таких як аналіз, синтез, узагальнення, порівняння, що застосовуються для вивчення попередніх

досліджень з тематики роботи. А також розробці та моделюванні ґрунтового масиву та підземних споруд методом кінцевих елементів.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у виявленні характеру зміни напружено-деформованого стану масиву закріпленого полімерно-армованим захисним екраном.

Практичне значення одержаних результатів роботи полягає в отриманні даних про деформації при використанні різних полімерних матеріалів.

Структура та обсяг роботи. Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, додатку, списку використаних літературних джерел, який містить найменування. Основний текст викладено на сторінках друкованого тексту, містить рисунків і таблиць.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми магістерської роботи, сформульовано мету і задачі досліджень, основні наукові і практичні положення, які спрямовані на дослідження напружено-деформованого стану масиву закріпленого полімерно-армованим екраном.

У **першому розділі** розглянуто основні положення про напружено-деформований стан ґрунтового масиву, причини деформацій та способи закріплення масиву.

Проаналізовані наступні методи збереження стійкості масиву як: заморожування, цементация, струменева цементация, силікатизация, смолизация. Сформульовано основні ідеї збереження стійкого стану породного масиву за допомогою захисних екранів.

Розглянуті питання дослідження напружено-деформованого стану масивів під захистом екранів з труб що є в роботах Аліхашкіна В.А., Безродного К.П., Бессолова В.А, Бессопова П.П., Бочарова В.Ф., Валієв А.Г., Веселовського В.Н., Власова С.Н., Воробьова Л.А., Козловського Є.А., Львова А.М., Маковського Л.В., Меркіна В.Е., Фугенфірова А.А., Рахманінова Ю.П., Самойлова В.П., Саїтгарєв М.Р., Туренського С.Н., Чеботаєва В В , Чеботарьова С.В., Щекудова Є.В., а також іноземних Vamseedhar Gottipati, J. Jebelli,¹ M.A. Meguid, M.K. Sedghinejad.

На сьогоднішній день накопчений великий досвід спорудження тунелів під захистом екранів з труб як в нашій країні так і в світі загалом. Розроблено прогресивні конструктивні і технологічні рішення.

Але у масиві зі слабкими ґрунтами при простому закріпленні обсадним трубами виникають недопустимі деформації через відсутність зв'язків між трубами. Тоді виникає потреба у додатковому скріпленні труб між собою.

У **другому розділі** розглянутий проект будівництва тунелю із застосуванням захисного екрану з труб.

Розглянуті нормативні документи за використанням яких виконувалась розробка технічних рішень для даного об'єкту, серед яких: ДБН А.3.1-5-2009

"Організація будівельного виробництва"; СНиП 3.03.01-87 "Несущие и ограждающие конструкции"; ДБН А.3.2-2-2009 "Охорона праці і промислова безпека в Будівництві. Основні положення"; Будівельні норми та правила технічні вказівки, інструкції та інші керуючі матеріали по технології виконання будівельних та монтажних робіт та інші.

Наведені характеристика району будівництва та кліматичні особливості.

Наведені основні гідрогеологічні умови будівельного майданчику, а у зведеній таблиці наведені характеристики ґрунтів в районі ведення робіт. Всі породи їх розташування і потужність можна побачити на кресленні «Геологічний розріз та план розташування розвідувальних свердловин та відмітки поверхні». Наведені умовні позначення до креслень.

В місці проведення робіт зустрічаються наступні породи:

- насипний ґрунт відсипаний сухим способом;
- ґрунтово-рослинний шар;
- суглинок твердий;
- суглинок тугопластичний;
- суглинок мякопластичний;
- глина тверда.

Загальна організація будівництва тунелю із застосуванням захисного екрану з труб відбувається згідно з діючими нормативними документами. Власне, технічні рішення по спорудженню транспортної автомагістралі та автодорожнього тунелю прийняті відповідно до конструктивних рішень, інженерно-геологічних та гідрогеологічних умов на ділянці будівництва.

У розділі детально описано шляхи забезпечення будівельного майданчика необхідними будівельними матеріалами та конструкціями. Визначені шляхи забезпечення будівництва електроенергією, водопостачанням та стисненим повітрям. А також описані шляхи створення умов роботи та організація робочого дня для працівників.

Наведено основні роботи підготовчого періоду на будівельному майданчику (винесення споруд, огороження будівельного майданчику, влаштування під'їзних шляхів, установка тимчасових будівель та споруд, та інше).

Першим етапом при спорудженні тунелю в даних умовах є влаштування захисного екрану з труб по периметру конструкції. Захисний екран виконується за допомогою технології мікротунелювання. Застосовується мікротунелепрохідницький комплекс (МТПК) Herrenknecht AVN 1000.

При спорудженні випереджальних захисних екранів з труб із застосуванням МТПК принцип робіт наступний. На початку і наприкінці проектною вироблення риють котловани - стартовий і приймальний. Розмір котловану і конструкція його кріплення призначаються з умов планування будівельного майданчика і типу МТПК.

Влаштування стартового та приймальних котлованів за проектом відбувається в два етапи. Перший це кріплення торцевих стін котлованів шпунтом Ларсена.

Основні механізми та обладнання наведені у таблиці 1.

Таблиця 1. Основні механізми та обладнання

№	Найменування	Кількість
1	Мікротунелепрохідницький комплекс Herrenknecht AVN 1000	1
2	Гідравлічний віброзанурювач "Мюллер MS-50"	2
3	Стріловий кран ДЭК-251	6
4	Арковстановлювач Himes 9915 BA	2
5	Тунельний екскаватор LIEBHERR Litronic R944C	2
6	Тунельний навантажувач JCB 456 ZX	2
7	Автосамоскид тунельний МоАЗ 74051-9586	4
8	Автосамоскид	4
9	Екскаватор зворотна лопата (ємність ковша 0,65м ³)	2
10	Екскаватор Э-1252, оснащений грейфером V=1,0м ³	2
11	Буровий верстат Bauer BG-30	4
12	Бульдозер	2
13	Зварювальний трансформатор	8
14	Автомобіль бортовий	4
15	Вентилятор Korfmann AL 12-750 (75кВт)	2
16	Вентилятор Korfmann AL 12-550 (55кВт) (на базі знепилювача)	2
17	Знепилювач CFT HBTS 1\800	2
18	Компресор пересувний	4
19	Електрокалорифер NE-HKG-450-3-400D (450кВт)	2

Другий влаштування горизонтальних поясів та підкоси з двотаврів.

Зі стартового котловану МТПК комплекс AVN1000 здійснює проходку при надлишковому тиску води в забої. При запуску мікрошита бурова головка починає обертатися і подається вода. Подача води до ріжучого робочого органу AVN1000 виконується живильною помпою встановленою на поверхні поруч зі стартовим котлованом, а вилучення утвореної пульпи виконується транспортувальною помпою, що встановлена поруч з рамою продавлювання у стартовому котловані.

Проходження тунелю відбувається зустрічними вибоями а навантаження породи відбувається в самоскиди і відвозиться у постійний відвал. Провітрювання підземної виробки здійснюється незалежними системами з штучною вентиляцією на приплив. Водовідливів здійснюється по водовідвідному трубопроводу за допомогою грязьового насоса. Водопостачання майданчика відбувається від інженерних мереж.

Наведені конструктивні особливості споруджуваного тунелю. Матеріали для створення обробки ті інших конструктивних елементів та гідроізоляція.

Представлений календарний графік виконання робіт та відомість об'ємів робіт.

За календарним графіком виконання робіт складає 37 місяців в тому числі підготовчі період 2 місяці. Швидкість виконання основних робіт наступна: проходка тунелю – 60 м/міс.; виконання буронабивних паль – 1 паля за зміну; Виконання захисного огорожувального екрану з труб – 24 м/міс; бетонування оправи тунелю – 60 м/міс; монтаж бетоної станції – 1 тиждень; демонтаж бетоної станції – 1 тиждень; монтаж МТПК – 1 тиждень; демонтаж МТПК – 1 тиждень; розробка ґрунту стартового і приймального котловану, кріплення котловану, бетонування упорної стіни, лотків – 300 м³/добу.

У **третьому розділі** сформулювало завдання для проведення досліджень напружено деформованого стану масиву. Показана розрахункова схема (рис.1), наведені характеристики ґрунтів (таблиця 2) та змінні величини, а також детальний процес розрахунку. За результатами розрахунків побудовано графіки.

Розрахунок проводиться методом скінчених елементів за допомогою програмного комплексу MIDAS GTS NX.

Розрахункова схема що використовується для побудови показана на рис.1.

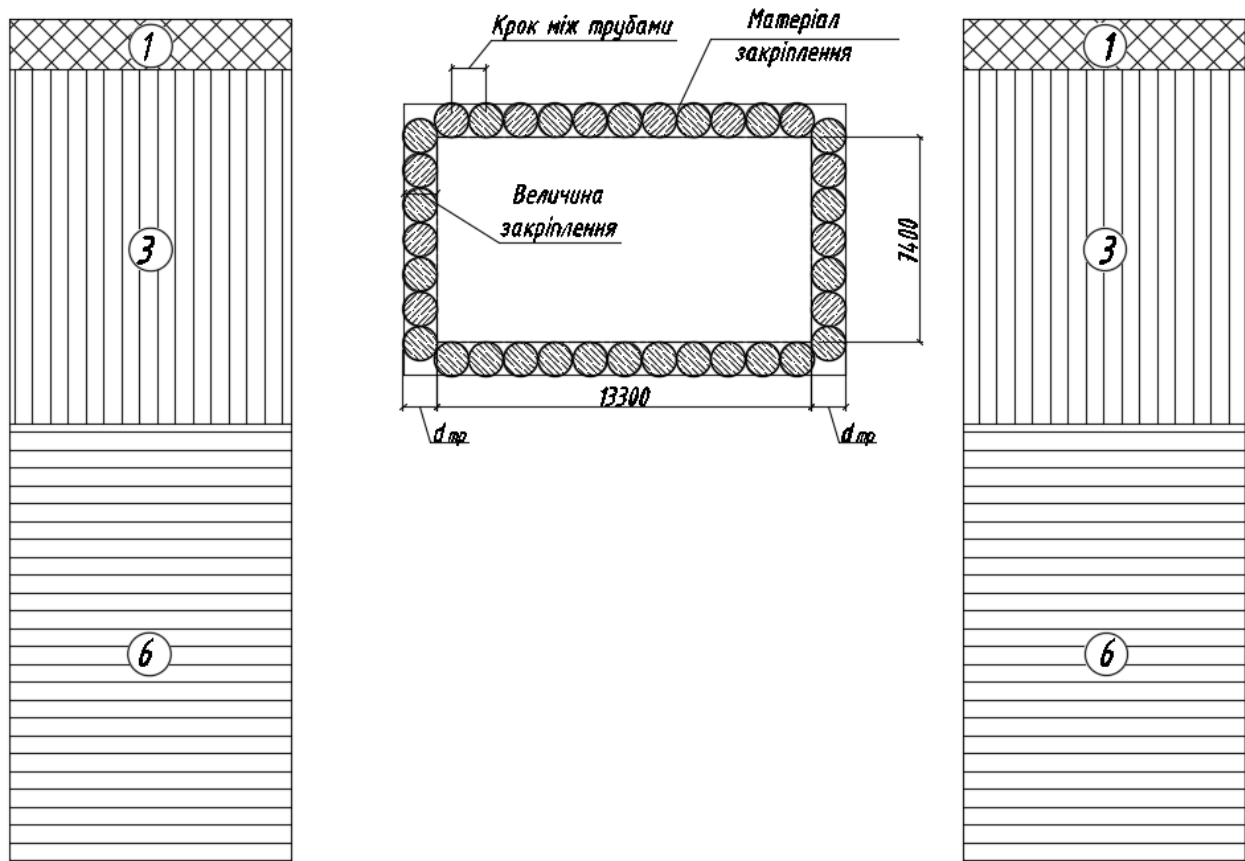


Рис. 1. Розрахункова схема для моделювання в MIDAS GTS NX

Як бачимо на моделі розрахункова схема тунелю має три типи ґрунтів. Детальний перелік і параметри для задання в програму наведені в таблиці 2.

Змінними параметрами в моделі в нас є діаметр труби, крок між трубами, величина закріплення та матеріал закріплення.

Таблиця 2. Фізико механічні характеристики ґрунтів

Параметри	Значення	Насипний ґрунт	Суглинок твердий	Глина тверда	Од.вим.
Порядковий номер	-	(1)	(3)	(6)	
Модель ґрунту	<i>Model</i>	Мор -Кулон	Мор -Кулон	Мор -Кулон	-
Тип поведінки ґрунту	<i>Type</i>	Дренований	Дренований	Дренований	-
Питома вага ґрунту	γ_{unsat}	15,2	16,0	16,4	кН/м ³
Питома вага насиченого ґрунту	γ_{sat}	18,0	19,0	19,5	кН/м ³
Проникність ґрунту	k_x	10	0,05	0,005	м/добу
Модуль Юнга	E_{ref}	16000	8500	35000	кН/м ²
Коефіцієнт Пуассона	ν	0,3	0,35	0,35	-
Зчеплення	c_{ref}	1	43	40	кН/м ²
Кут внутрішнього тертя	φ	30	20	16	°
кут ділатансії	ψ	0.0	0.0	0.0	°

Діаметр труби ми обирали з представлених в специфікації до мікротунельного комплексу AVN. Як крок ми обрали діаметр труби плюс відповідна величина. Величину закріплення обирали відштовхуючись від діаметрів труби. А матеріали обирались найбільш підходящі з відомих. Параметри які використовувались в роботі наведені в таблиці 3:

Таблиця 3. Параметри для розрахунку

Діаметр, мм	1020	1220	1420
Крок, мм	100+Dтр	200+Dтр	300+Dтр
Величина закріплення	Без закріплення	0,5 труби	1,0 труби
Матеріал закріплення	Грунтоцемент	Ін'єкційна смола CarboPur WF	Ін'єкційна смола Geoflex

Процес розрахунку в програмі виконується за наступною схемою:

1. Задаємо характеристики всіх шарів породи а також параметри матеріалів що використовуватимуться;
2. Створення просторової 3D моделі ґрунтового масиву;
3. Присвоюємо параметри для кожного кластера породи, а також характеристики для інших матеріалів (бетону в трубах та відповідного полімерам);
4. За допомогою відповідної команди задаємо власну вагу ґрунтового масиву;
5. Після задаємо зв'язки для кожного елемента моделі на цьому побудова завершується. Загальний вигляд побудованої моделі можна побачити на рис.3;
6. Створюємо алгоритм за допомогою якого виконуватимуться розрахунки, який складається з наступних фаз:
 - Початкові умови масиву
 - Нульова фаза (потрібна для скидання переміщення від початкових умов)
 - Виконуємо захисний екран з труб
 - Фаза що додає закріплення масиву (для розрахунків із закріпленням)
 - І в кінці додаємо фазу що моделює виймання ґрунту на одну заходку.
7. Задаємо додаткові параметри для розрахунку і вмикаємо процес розрахунку.

На рис. 3 ми бачимо готову просторову модель для розрахунку в програмну комплексі MIDAS GTS NX.

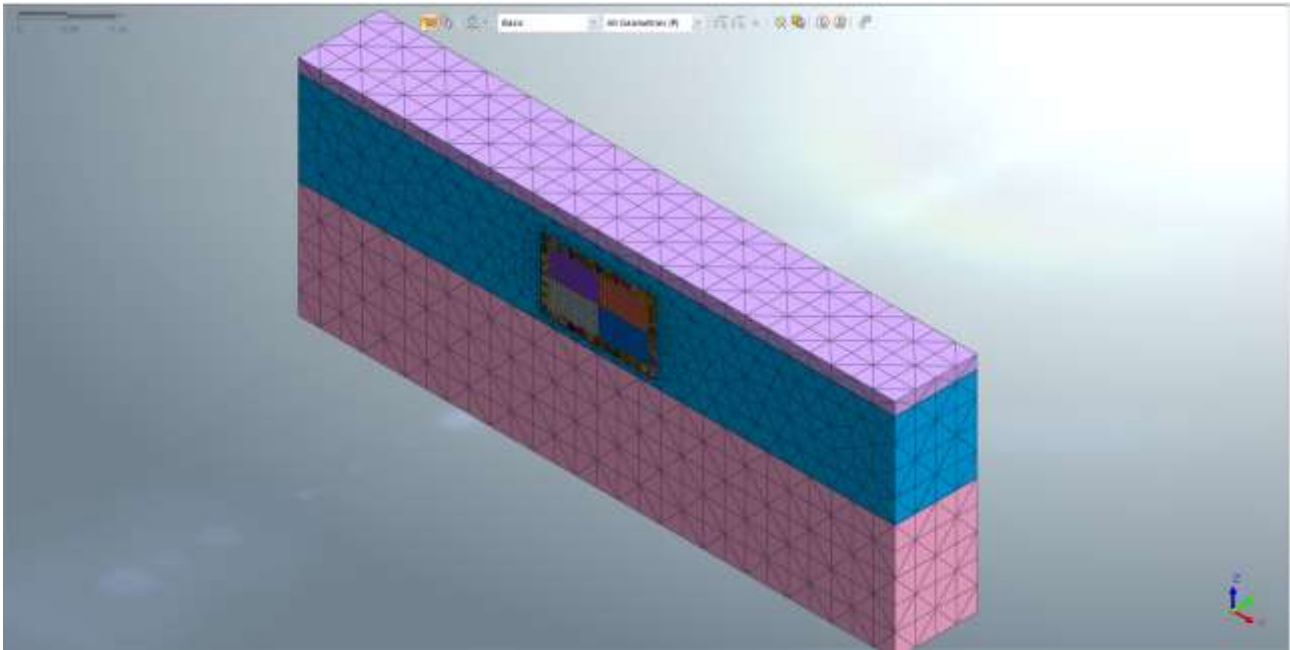


Рис.3. Вигляд готової до розрахунку просторової моделі

Після кожного завершення процесу розрахунку для всіх з можливих варіантів збираємо відомості про деформації. Так як програма дозволяє визначити деформації в будь якій точці, за основу беремо показник деформації у верхній частині виробки. Тому заносимо всі показники з усіх можливих варіантів до таблиць.

За даними таблиць будуємо графіки для більш точного аналізу отриманих результатів. Для побудову графіків використовувався програмний комплекс Microsoft Office Excel.

На основі отриманих результатів були побудовані залежності деформацій від площі закріплення для кожного з трьох діаметрів труб наведени на рис. 4,5,6.

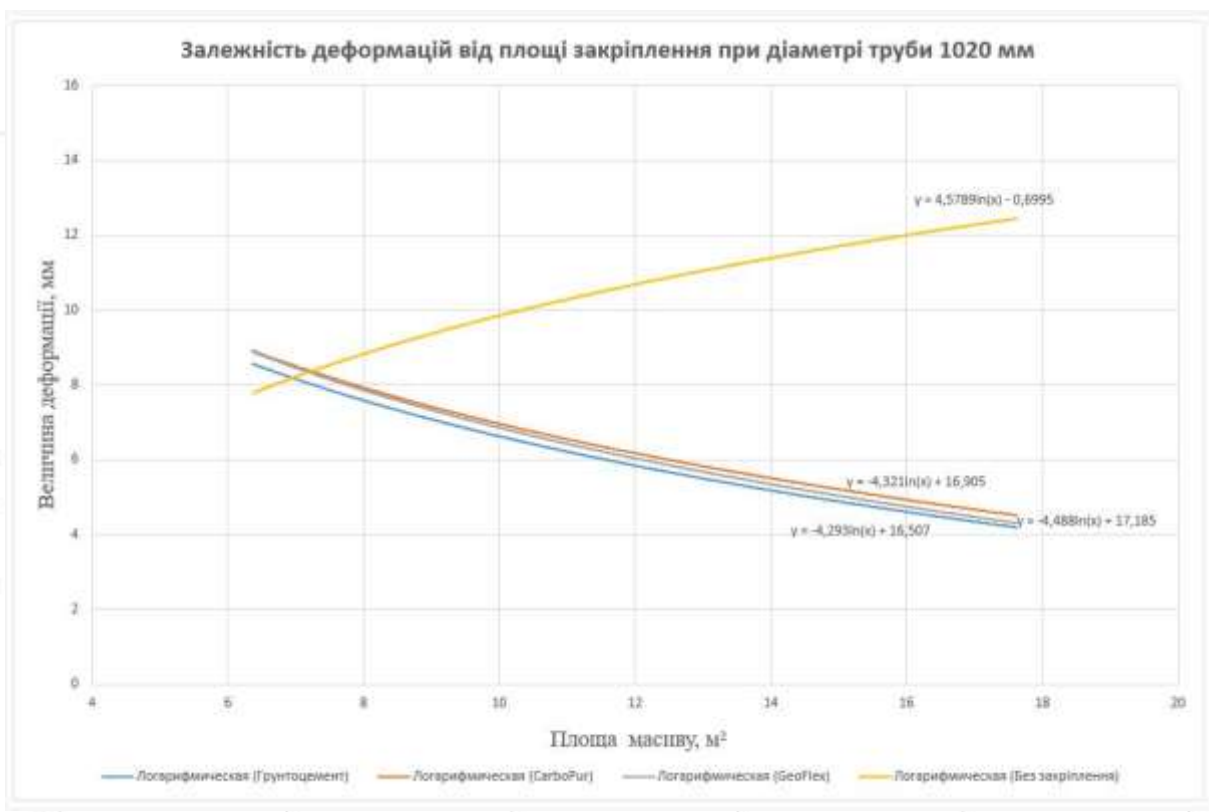


Рис.5. Залежність деформацій від площі закріпленого масиву для труби діаметром 1220 мм.

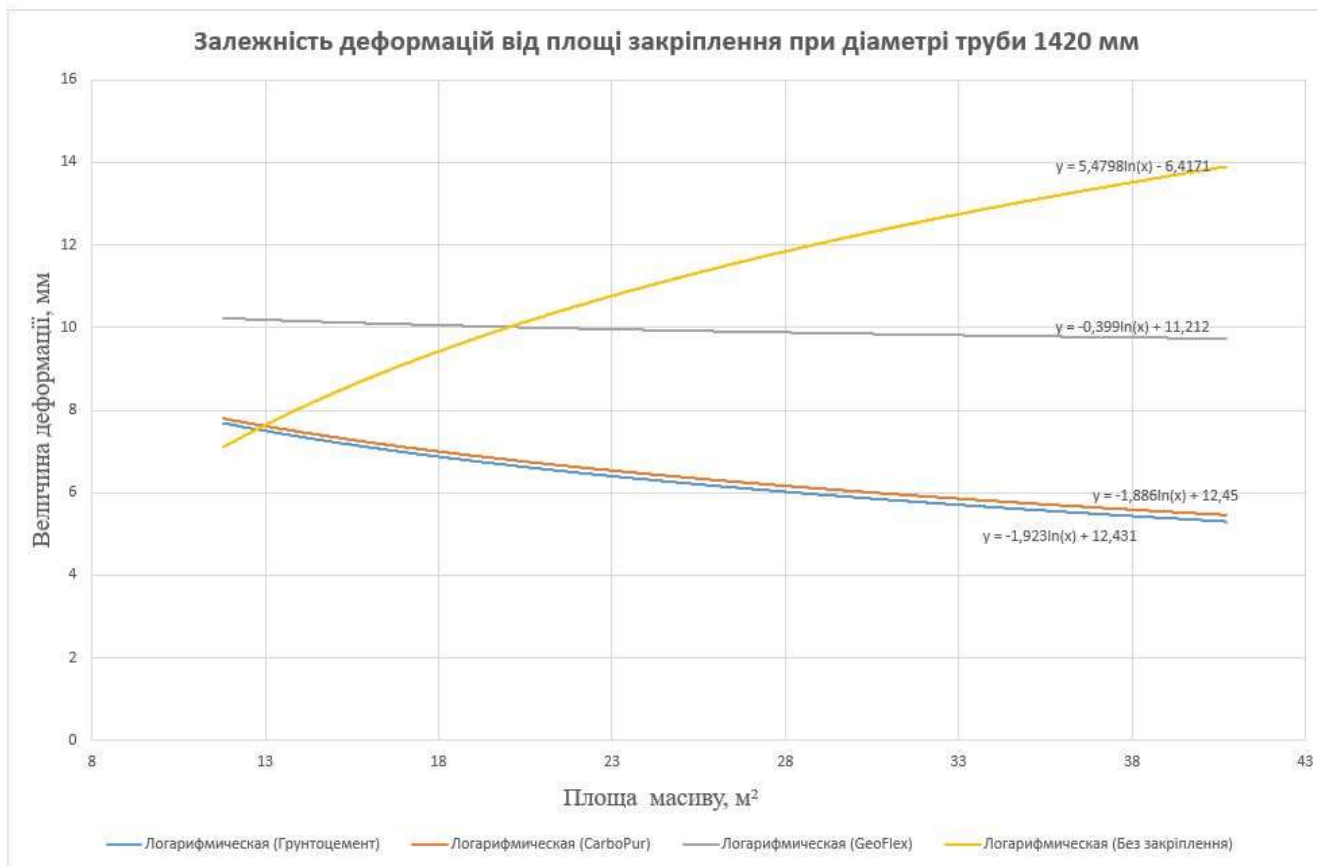


Рис.6. Залежність деформацій від площі закріпленого масиву для труби діаметром 1420 мм

В четвертому розділі проаналізована можливість впровадження СТАРТАП-проекту даної технології, її доцільність та вартість реалізації у відомих умовах.

За даними розрахунками економія від додаткового закріплення складає 6966,56 тис.грн. за встановлення захисного екрану з труб.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Магістерська дисертація є завершеною інженерно-дослідною роботою, в якій на основі вихідних даних про інженерно-геологічні та гідрогеологічні умови, характеристику умов будівництва вирішено прикладне завдання закріплення екрану з труб за допомогою полімерних матеріалів.

Основні практичні результати роботи полягають у тому, що:

- Додаткове закріплення труб між собою дає зменшення деформацій;
- Найкраще для закріплення за результатами розрахунків є грунтоцемент і CarboPur WF;
- Найменші деформації виникають при кроці труби 200+Dтр і за діаметру труби 1220мм.
- Графіки залежності показують що закріплення зменшує деформації. Тобто чим більше площа закріплення тим менші деформації.

АНОТАЦІЯ

Партика В.П. Управління напружено деформованим станом ґрунтового масиву закріпленого полімерно-армованим екраном. – Рукопис

Дисертація на здобуття ступеня магістра за освітньо-професійною програмою за спеціальністю 184 Гірництво. – Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

Дисертація присвячена дослідженню напружено деформованого стану ґрунтового масиву закріпленого полімерно-армованим екраном.

В роботі розрахунково показана зміна деформацій при додатковому закріпленні труб між собою за допомогою полімерних матеріалів..

Ключові слова: захисний екран, підземне будівництво, тунель

АННОТАЦИЯ

Партика В.П. Управление напряженно деформированным состоянием ґрунтового массива закрепленного полимерно-армированным экраном. - Рукопись

Диссертация на соискание степени магистра по образовательной профессиональной программе по специальности 184 Горное дело. - Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского».

Диссертация посвящена исследованию напряженно деформированного состояния ґрунтового массива закрепленного полимерно-армированным экраном.

В работе расчетно показано изменение деформаций при дополнительном закреплении труб между собой полимерными материалами.

Ключевые слова: защитный экран, подземное строительство, тоннель.

SUMMARY

Partyka V. Management of a tensely-deformed state of a soil array that fixed by a polymer-reinforced screen.

Dissertation for obtaining a master's degree in an educational-professional program in specialty 184 Mining. - National Technical University of Ukraine " Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute ".

This research focuses on the stress-strain state of the soil mass that fixed with a polymer-reinforced screen.

The research presents detailed results of calculations of the fastening pipes to each other.

Key words: protective screen, underground construction, tunnel.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ

- 1. В.П. Партика, М.С. Костирка, Є.А. Загоруйко Освоєння підземного простору під існуючими будівлями./ Міжнародна конференція «Актуальні напрямки досліджень молодих вчених в іншомовному просторі» , Житомир, Україна, 2018.**
- 2. В.П. Партика, Є.А. Загоруйко Вуглецевий бетон як сучасна заміна залізобетону/Міжнародна науково-технічна конференція «Проблема геоінженерії та підземної урбаністики» для студенті аспірантів і молодих вчених, Київ, Україна, 2018.**