

геологічних умов ґрунтових масивів, під час мікротунельної проходки.

Висновок. Провівши дослідження проблеми, яка виникла на колекторі, який прокладається по вул. Челябінська, визначено що при вимірюванні тиску при проходці, знижується ризик руйнування ріжучої частини щиту, тим самим не виникає фінансові проблеми, та не подовжуються строки робіт.

Список використаної літератури

1. Keiper K., Crapp R., Amberg, F. Assessment of the interaction of TBM and rock mass in rock tunnelling based on geomechanical calculations /. Bewertung der Interaktion von TBM und Gebirge im Felstunnelbau auf der Basis von geomechanischen Berechnungen. *Geomechanics and Tunnelling*. 2010. Vol. 3, No. 5. P. 534-546.
<https://doi.org/10.1002/geot.201000046>
2. Qi Geng, Zhengying, Wei, Hao Meng. An experimental research on the rock cutting process of the gage cutters for rock tunnel boring machine (TBM). *Tunnelling and Underground Space Technology*. 2016. Vol. 52. P. 182-191
<https://doi.org/10.1016/j.tust.2015.12.008>

УДК 624.1

Олександр Лісовський, студ. гр. ОС-301мп,
керівник Наталя Зуєвська.
КПІ імені Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна

ОГОРОДЖУВАЛЬНІ КОНСТРУКЦІЇ КОТЛОВАНІВ ТА МЕТОДИ БУДІВНИЦТВА ПІДЗЕМНИХ СПОРУД

У наші дні освоєння підземного простору може, по-праву, вважатися у світовому масштабі одним з найважливіших напрямків, що динамічно розвивається в цивільному і промисловому будівництві. Найбільш широко будівництво підземних споруд ведеться на територіях великих міст та мегаполісів. Основними факторами, що сприяють необхідності використання підземного простору міст, є як нестача вільних територій в умовах забудови, що історично сформувалася, так і вимоги розвитку міської інфраструктури.

Ключові слова: огороджувальні конструкції, котлован, траншея, бічний тиск, «стіна в ґрунті», тиск ґрунту, кріплення, підземна споруда, відкритий спосіб.

PROTECTIVE STRUCTURES OF BOILERS AND METHODS OF CONSTRUCTION OF UNDERGROUND STRUCTURES

Nowadays, the development of underground space can rightly be considered one of the most important areas in the world, which is developing dynamically in civil and industrial construction. The most widespread construction of underground structures is carried out in large cities and metropolises. The main factors contributing to the need to use the underground space of cities are both the lack of free territories in the conditions of historically formed buildings and the requirements for the development of urban infrastructure.

Key words: enclosing structures, pit, trench, lateral pressure, "wall in the ground", soil pressure, fastening, underground structure, open method.

Вступ. Сьогодні підземний простір міст використовується не лише для розміщення інженерних комунікацій та об'єктів транспортного будівництва, але також для будівництва комплексів суспільно-побутового призначення, багатоповерхових підземних гаражів та стоянок, підприємств торгівлі, приміщень заглиблених частин житлових та офісних будівель.

Конструктивні рішення підземних споруд, а також способи їх влаштування залежать від об'ємно-планувальних рішень, їх призначення, глибини закладення, інженерно-геологічних умов, кліматичних та сейсмічних умов будівництва, навантажень на поверхні, наявності доколишніх будівель та споруд. За способом будівництва підземні споруди поділяються на закриті, відкриті і напівзакриті способи, що влаштовуються. Закритим способом будуються переважно лінійні споруди глибокого закладання, такі як тунелі та колектори різного призначення, похилі ходи метрополітену. Закрита проходка може здійснюватися штольнією, комбайновим способом, способом так званої «новоавстрійської технології», щитовим обладнанням, мікротунелюванням, методом продавлювання. У

розпорядженні будівельників на даний час є значний асортимент спеціального обладнання та технологій для виконання закритих підземних робіт практично на будь-яких глибинах та інженерно-геологічних умовах.

Мета та завдання полягає у розкритті та дослідженні основних методів будівництва підземних споруд та огорожуючих конструкцій котлованів, що мають попит в сьогоденні.

Матеріал та результати досліджень. Будівництво підземних споруд відкритим способом може здійснюватися як у котлованах без кріплення, борти яких сформовані під кутом природного укосу ґрунту, так і в котлованах, які підкріплені огорожувальними конструкціями (рис. 1). Влаштування котлованів у відкосах є найпростішим і, як правило, економічним рішенням, проте застосування цього способу зустрічає безліч обмежень, особливо в умовах обмеженої міської забудови. Обмеженням насамперед є необхідна глибина котловану. При збільшенні глибини закладення слід робити більш пологі укоси, займає площа та обсяги виїнятого з котловану ґрунту істотно зростають, що робить цей спосіб недоцільним або неможливим через обмеженість майданчика. Істотно ускладнюють застосування цього методу підземні води, оскільки стає необхідним використання будівельного водозниження. Тому котловани у відкосах зазвичай влаштовуються за відсутності забудови при глибокому заляганні рівня підземних вод.

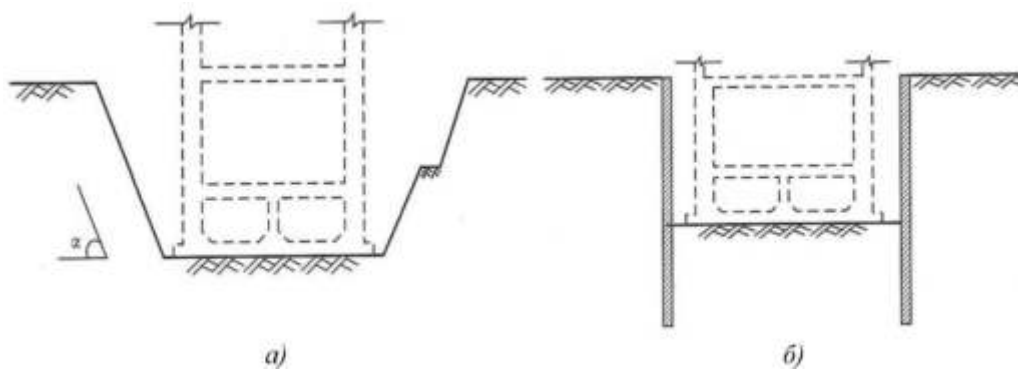


Рисунок 1 – Схема будівництва котловану з відкосами (а) і з огорожею (б)

Іншою технологією влаштування підземних споруд у котлованах є будівництво способом опускного колодязя. Даний метод будівництва передбачає влаштування на поверхні або в піонерному котловані конструкції колодязя, відкритого зверху та знизу. Стіни в нижній частині колодязя обладнують ріжучим елементом – ножем. При вилюченні ґрунту всередині колодязя конструкція занурюється в ґрунт під дією власної ваги або додаткового навантаження. У міру занурення стіни колодязя можуть збільшуватися. Після занурення колодязя до проектної глибини влаштовується днище, гідроізоляція та виконуються конструкції у середині колодязя. Колодязі влаштовуються, як правило, круглими в плані (рис. 2), хоча можлива й інша їх форма. Конструкція опускних колодязів виконується із монолітного, збірного чи збірно-монолітного залізобетону. Діаметр опускних колодязів може змінюватися від кількох метрів до кількох десятків метрів. Найбільша споруда у світі, побудована способом опускного колодязя, знаходиться в Росії - Головна насосна станція в селищі Ольгине має діаметр 66 м і глибину занурення 70 м. Спосіб знайшов своє застосування переважно для будівництва інженерних споруд: стволів шахт, підземних камер, резервуарів та

насосних станцій. У міських умовах поблизу забудови занурення колодязів нині виконують дуже рідко через можливість розвитку осадки існуючих будівель.

Найбільш простою у виконанні і, відповідно, економічною є конструкція огороження котловану, що влаштовується з вертикальних сталевих елементів, що занурюються в ґрунт по контуру котловану. У міру розробки ґрунту в котловані між металевими елементами встановлюється забірка із дерев'яних дощок або сталевого листа, що перешкоджає обсіпанню ґрунту в котлован. Як несучі сталеві елементи, як правило, використовують труби або двотаври (рис. 3), які занурюють у пробурені свердловини або задавлюють. При використанні у складі огороження труб для їх занурення можливе також застосування технології загвинчування. Даний тип огороження не є водонепроникним, тому у разі його використання у водонасичених ґрунтах потрібно водозниження. Порівняно з іншими типами огорожі котлованів конструкція із забіркою має більшу деформованість та меншу міцність. Діапазон його застосування обмежується, як правило, глибинами котловану до 10 м, його застосування не рекомендується за наявності в основі водонасичених структурно-нестійких ґрунтів.



Рисунок 2 – Занурення збірно-монолітного опускного колодязя

Найбільш простою у виконанні і, відповідно, економічною є конструкція огороження котловану, що влаштовується з вертикальних сталевих елементів, що занурюються в ґрунт по контуру котловану. У міру розробки ґрунту в котловані між металевими елементами встановлюється забірка з дерев'яних дощок або сталевого листа, що перешкоджає обсіпанню ґрунту в котлован. Як несучі сталеві елементи, як правило, використовують труби або двотаври (рис. 3), які занурюють у пробурені свердловини або задавлюють. При використанні у складі огороження труб для їх занурення можливе також застосування технології загвинчування. Даний тип огороження не є водонепроникним, тому у разі його використання у водонасичених ґрунтах потрібно водозниження. Порівняно з іншими типами огорожі котлованів конструкція із забіркою має більшу деформованість та меншу міцність. Діапазон його застосування обмежується, як правило, глибинами котловану до 10 м, його застосування не рекомендується за наявності в основі водонасичених структурно-нестійких ґрунтів.

Шпунтові огорожі котлованів широко використовуються в гідротехнічному

будівництві в умовах слабких водонасичених ґрунтів за високих позначок рівня підземних вод. Такі конструкції здатні сприймати не тільки тиск ґрунту, а й гідростатичний тиск, будучи одночасно протифільтраційною завісою. Шпунтові елементи стін являють собою сталеві профілі U- , Z-подібного поперечного перерізу або плоскі (рис. 4.а), забезпечені замковими захватами по краях, що дозволяють фіксувати один елемент відносно іншого у вертикальному положенні. Найбільшого поширення набули U-подібні шпунти типу «Ларсен». Встановлення шпунта в ґрунт здійснюється зазвичай віброзануренням.



Рисунок 3 – Огородження котловану зі сталевих елементів із забіркою

Шпунтові стіни, влаштовані в замок, мають досить високу жорсткість і здатні сприймати згинальні моменти, що значно перевищують граничні значення для огорож з забіркою (рис. 4.б). Обмеженням для використання шпунта є складність або неможливість його занурення в гравійних, скельних та напівскельних ґрунтах. Іншим його недоліком є висока вартість. В умовах міста за наявності забудови використання шпунта може бути рекомендовано тільки за відсутності в геологічному розрізі міцних ґрунтів, так як в іншому випадку занурення шпунту може призвести до розвитку значних осадки приміщень, а також до дискомфорту через шум жителів.

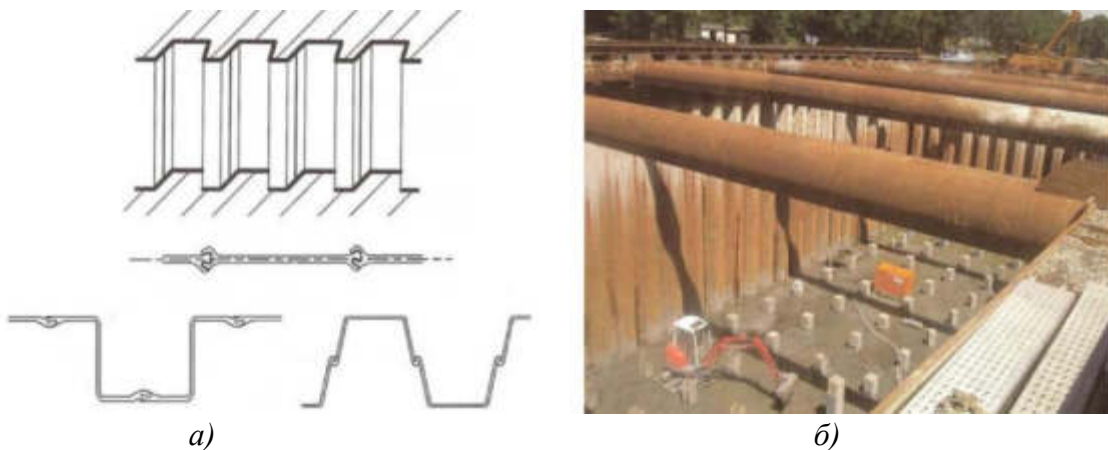


Рисунок 4 – Шпунтове огородження котловану

Огородження котловану в ідеальному випадку має поєднувати в собі такі основні функції: сприймати бічний тиск ґрунту, бути протифільтраційною завісою і сприймати гідростатичний тиск підземних вод, при необхідності сприймати вертикальні навантаження, мінімізувати вплив котловану на забудову. Найбільш повно поєднанню всіх цих функцій відповідають конструкції, що влаштовуються способом «стіна в ґрунті». Будівництво огорож котлованів і фундаментів будівель способом «стіна в ґрунті» передбачає влаштування в ґрунті за допомогою спецобладнання вузької траншеї необхідної глибини, стійкість стінок якої забезпечується спеціальними тиксотропними розчинами з бентонітових глин. Траншеї розробляються окремими захватками, довжина яких у плані відповідає розмірам навісного обладнання і становить зазвичай від 2.2 до 3 м. Захватки відокремлюються один від одного інвентарними обмежувачами, що витягуються до початку бетонування захватки, що примикає. Найбільшого поширення набули трубчасті або фасонні металеві розділові елементи обмежувачів, що дозволяють влаштовувати напівкруглі стики захваток або встановлювати між захватками гідроізолюючі вставки. Після того, як екскавація захватки доводиться до проектної позначки, до неї занурюється просторовий арматурний каркас. Далі в траншею занурюється бетонолітна труба, в яку подається бетонна суміш, що витісняє на поверхню бентонітовий розчин, що знаходився в захваті. Таким чином бетонування здійснюється знизу вгору в процесі підйому бетонолітної труби. Після набору необхідної міцності бетону починається влаштування сусідньої захватки. Послідовність робіт з влаштування «стіни в ґрунті» показано на рис. 5.а. В результаті, після замикання контуру в основі створюється залізобетонна стіна, що служить надійною огорожею котловану (рис. 5.б).

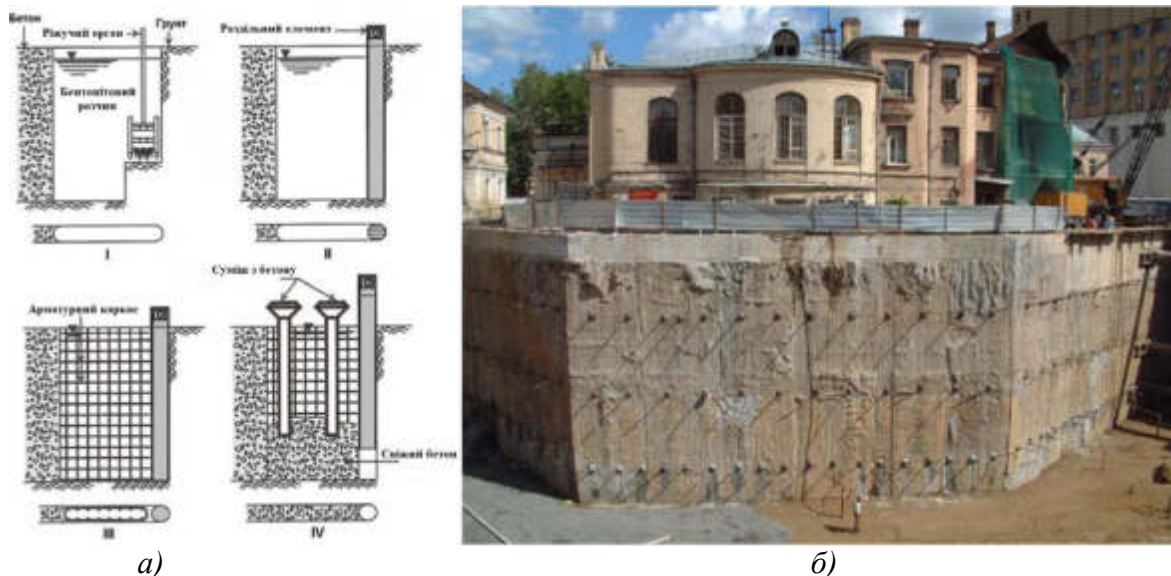


Рисунок 5 – Послідовність влаштування «стіни в ґрунті» (а). Монолітна «стіна в ґрунті» Турецького торгового центру в Замоскворіччі (б)

«Стіна в ґрунті» в сучасних умовах є найбільш універсальною конструкцією, яка використовується в підземному будівництві для огороження котлованів та захисту від підземних вод. Обладнання провідних світових виробників здатне влаштовувати траншейні стіни глибиною до 70 м та шириною від 400 до 1200 мм. Для проходки траншеї в м'яких

грунтах, що легко розробляються, застосовують плоскі ковшові грейфери (рис. 6.а), для влаштування траншей за наявності скельних і напівскельних ґрунтів застосовують навісне обладнання безперервної роторної дії - гідрофрези (рис. 6.б). Сучасні механізми для влаштування «стіни в ґрунті» дозволяють працювати навіть за дуже обмеженого висотного габариту, наприклад під прольотами мостів.

Влаштування траншейних «стін у ґрунті» в міських умовах все ж таки має ряд обмежень, пов'язаних в першу чергу з можливістю потрапляння бентонітового розчину в порожнини техногенних відкладень і макропористі ґрунти. Небезпечним є також проникнення глинистої суспензії в інженерні комунікації за умови їх близького розташування. Недоліком «стіни у ґрунті» є її висока вартість.

В умовах, коли втрати бентонітового розчину в ґрунтах можливі, а також при складній формі конфігурації підземної споруди в плані все більш широкого застосування знаходить влаштування огорож котловану з паль. Якщо рівень підземних вод розташований нижче дна котловану або передбачається будівельне водозниження, конструкція, що захищає котлован, може бути також виконана з окремо стоячих або дотичних бурових паль. Варіанти, що застосовуються на практиці планового розташування паль у складі огорож котлованів наведено на рис. 7.а, де номерами показано послідовність влаштування паль.



а)



б)

Рисунок 6 – Навісне обладнання для утворення «стіни в ґрунті»

Для влаштування тіла паль застосовуються різні технології, найбільш поширеною з яких є буріння ґрунту під захистом інвентарної обсадної труби, бетонування свердловини за допомогою бетонолітної труби, що піднімається, занурення в несхоплений бетон арматурного каркаса (рис. 7.б). Для влаштування огорож котлованів, як правило, застосовують палі діаметром від 0.6 до 1.2 м, при відсутності підземних вод застосовують окремі палі менших діаметрів. Досить висока міцність і жорсткість паль дозволяє розробляти під захистом котловани глибиною до 20-25 м (рис. 7.в). До недоліків таких підпірних стін можна віднести гіршу гідроізоляцію, ніж у траншейних «стін у ґрунті», а також досить високу вартість. При неякісному виконанні паль у нестійких водонасичених ґрунтах слід побоюватися можливих проривів ґрунтової маси в котлован через дефектні стики.

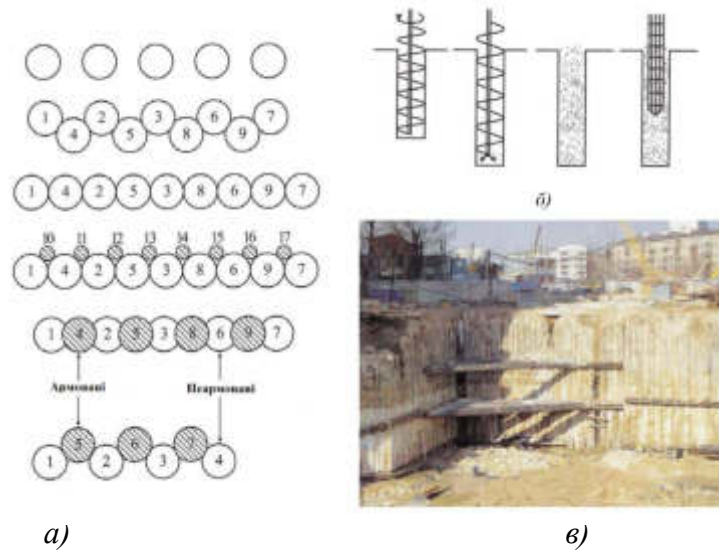


Рисунок 7 – Влаштування огороження із бурових паль

Все ширше в останні роки при влаштуванні котлованів стала застосовуватися струменева технологія (jet-grouting). Суть цієї технології полягає в перемішуванні ґрунту з цементним розчином або в повному заміщенні ґрунту розчином за допомогою високонапірного струменя. Для цього в свердловині малого діаметра занурюється гідромонітор, що має бічне сопло для створення водяного струменя високого тиску і отвір для торця для подачі затверджуючого наповнювача. При підйомі бурової штанги включається гідромонітор, що обертається, здійснює під тиском до 50 МПа розмив ґрунту в свердловині і одночасну подачу цементного розчину. В результаті в ґрунті утворюється стовп із ґрунтоцементу діаметром 0.8-1.5 м. При послідовному формуванні сусідніх ґрунтоцементних елементів струменева технологія застосовується для влаштування вертикальних екранів з jet-паль, які, працюючи у складі огорож котлованів, повинні армуватися металевими або залізобетонними сердечниками (рис. 8.а). Стінки з jet-паль мають рельєфну шорховату поверхню (мал. 8.б), тому при необхідності додаткового кріплення огорожі котловану слід проводити їх вирівнювання. Багаторядні jet-палі використовують також для посилення основ будівель, що знаходяться на брівці котлованів, спільно зі створенням масивних підпірних стін. Приклад такого технічного рішення пристрою огорожі котловану, реалізованого практично, наведено на рис. 9.

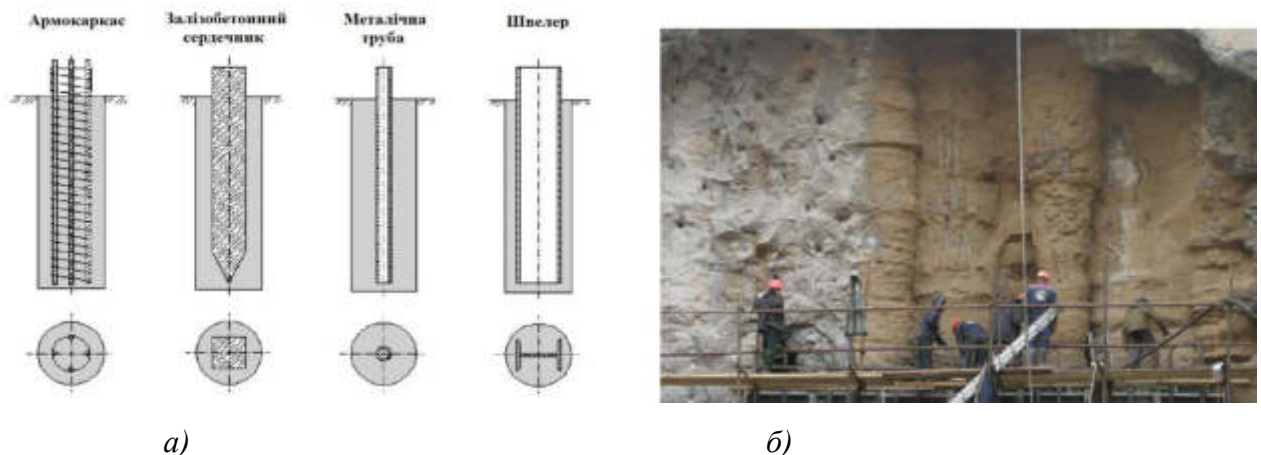


Рисунок 8 – Огороження котлованів, що виконане із застосуванням струменевої технології

Найбільш поширеним на даний час в Україні способом кріплення огорож котлованів при будівництві відкритим способом є влаштування тимчасової системи розпору з металевих елементів (рис. 10). Як розпірні елементи зазвичай використовують сталеві труби або прокатні профілі. У глибоких котлованах розпірні системи встановлюються кілька ярусів. Позначки встановлення ярусів розпірок вибираються із статичного розрахунку конструкції з урахуванням зручності їхнього подальшого демонтажу. Для цього розпірки мають у своєму розпорядженні кілька постійних перекриттів у підземній частині проектованої споруди. Крок встановлення розпірних елементів у плані, як правило, знаходиться в діапазоні від 4 до 8 м. Оскільки розпірки передають на огородження значні зосереджені навантаження, влаштування металевих або залізобетонних розподільних поясів на рівні установки розпорок є обов'язковим. При необхідності влаштування розпірних елементів більше 20 м зазвичай виконують проміжні тимчасові опори-стійки, що знижують вільну довжину розпорок.

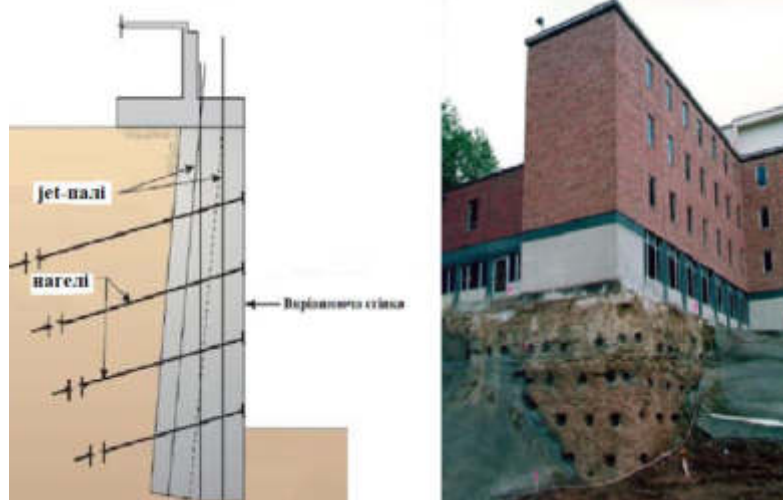
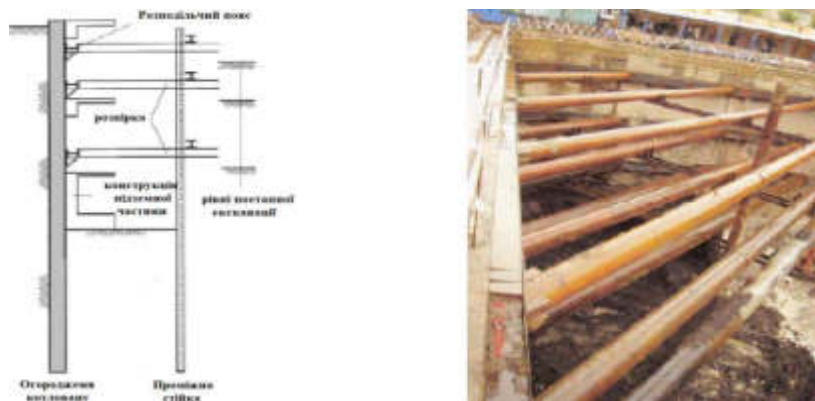


Рисунок 9 - Огородження котловану, що суміщує функції посилення фундаментів

Обмеженням доцільності розпірного методу кріплення служать планові розміри і глибина котловану, оскільки розробка ґрунту при влаштуванні трьох і більше ярусів розпорок або за наявності значної кількості проміжних опор є технологічно складною. При значному обсязі металу, що одноразово використовується, демонтованих елементів розпірної системи цей спосіб будівництва стає неекономічним.

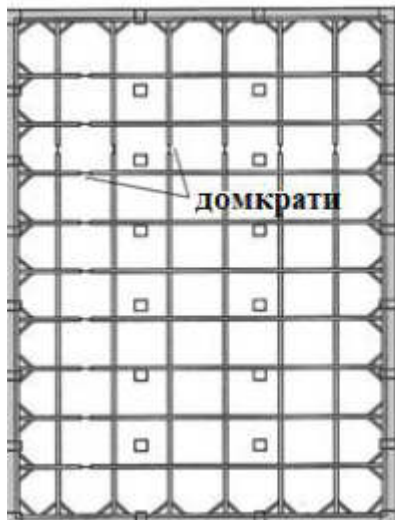


а)

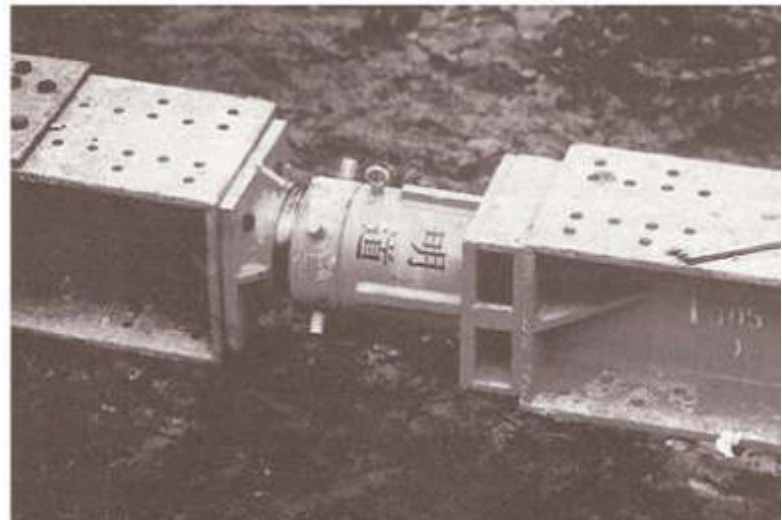
б)

Рисунок 10 – Багаторярусне розпірне кріплення котловану

Серед технологічних новинок, що використовуються за кордоном, але які не знайшли ще широкого застосування в нашій країні, можна відзначити системи збірних металевих розпірних елементів багаторазового застосування із кінцевими частинами, що замінюються (рис. 11.а). Ці системи набули поширення в країнах східної Азії. Часто вони включають ряд елементів, що напружуються (рис. 11.б), що дозволяє знижувати переміщення огородження котловану і контролювати величини зусиль в розпірках. Переднапруження в подібних системах досягається шляхом використання компактних горизонтальних домкратів, вмонтованих у металеві розпірні елементи багаторазового використання.



а)



б)

Рисунок 11 – Розпірне кріплення із інвентарних елементів (а) і конструкція переднапруженого домкрата (б)

Іншим нововведенням, що набув поширення за кордоном, є розпірні системи у вигляді ферм. Конструкції горизонтальних залізобетонних ферм, що мають проміжні стійки, використовуються в Китаї (рис. 12.а) для екскавації котлованів значних розмірів у плані. Після завершення розробки котловану такі конструкції можуть бути включені до складу ребристих перекриттів підземних поверхів споруди. Вертикальні розпірні ферми з металевих елементів використовуються у США (рис. 12. б) для перекриття великих прольотів та забезпечення можливості розташувати на розпірній системі будівельне та технологічне обладнання, а також складувати матеріали у процесі зведення підземної частини будівлі.

Ще одним прикладом, що заслуговує на увагу, застосування у світовій практиці додаткових заходів влаштування так званих Т-подібних підпірних стін, або огорож з контрфорсами. Такі конструкції використовують при значних глибинах та площах котлованів. Контрфорси можуть влаштуватись як способом «стіна в ґрунті», так і з монолітного залізобетону в піонерному котловані. Прикладом застосування останньої технології є будівництво комплексу культурного призначення у Сінгапурі. Конструктивна схема огороження котловану комплексу показано на рис. 13. а. Котлован мав глибину 10 м і ширину понад 180 м. Будівництво підземної частини було розпочато з влаштування «стіни в ґрунті» по периметру та тимчасової огорожі шпунтів на відстані 17 м від неї всередині контуру споруди. До початку земляних робіт між стіною та шпунтом з поверхні були виконані бурові

палі, що бетонуються до позначки дна котловану.



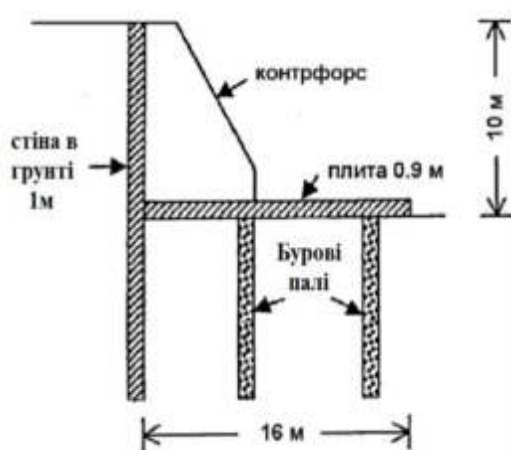
а)



б)

Рисунок 12 – Розпірне кріплення котлованів за допомогою горизонтальних (а) і вертикальних (б) ферм

Далі проводилася розробка піонерного котловану між постійною та тимчасовою стінами під захистом двох ярусів розпорок. Після завершення екскавації було влаштовано фундаментну плиту та контрфорси, що дозволяють далі утримувати тиск ґрунту без допомоги додаткового кріплення «стіни в ґрунті». Завершувалися роботи демонтажем тимчасової шпунтової стіни та екскавацією основного котловану. Як ще один приклад ефективного використання додаткових конструкцій можна навести пристрій котловану культурно-виставкового центру Монако глибиною 25 м під захистом «стіни в ґрунті» з контрфорсами (рис. 13.б).



а)



б)

Рисунок. 13 – Влаштування огорожувальних конструкцій котлованів з контрфорсами

Висновки. Можливості сучасних технологій та обладнання надають інженерам та будівельникам величезний вибір доступних способів улаштування підземних споруд. Широкий спектр технічних рішень щодо улаштування огорож котлованів та варіантів їх кріплення охоплює практично весь діапазон інженерно-геологічних та гідрогеологічних умов, необхідних глибин та планових розмірів споруд. Вибір конструктивної схеми підземної споруди, типу огороження котлованів, способу її кріплення та технологічної послідовності робіт у котловані повинен бути продуманий та взаємно пов'язаний. У складних умовах цей вибір слід виконувати, зазвичай, виходячи з техніко-економічного зіставлення варіантів.

Список літератури

1. Основания, фундаменты и подземные сооружения. Справочник проектировщика. М.: Стройиздат, 1985. 478 с.
2. Конюхов Д.С. Строительство городских подземных сооружений мелкого заложения. М.: Архитектура, 2005. 298 с.
3. Смородинов М. И., Федоров Б. С. Устройство фундаментов и конструкций способом «стена в грунте». М.: Стройиздат, 1986. 216 с.
4. МГСН 2.07-01. Основания, фундаменты и подземные сооружения. М.: Москомархитектура, 2003. 108 с.

УДК 551.3

Ю. М. Сердюк, магістр

Кафедра геоінженерії,

КПІ імені Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна

УМОВИ ТА ЧИННИКИ РОЗВИТКУ ЗСУВНИХ ПРОЦЕСІВ

У статті розглянуто чинники розвитку зсувних процесів, на основі цих чинників було виділено три основних причини зсувних процесів: зміна геометрії схилу, зміна якісного складу, додаткові навантаження на породу. Описано умови, що сприяють зсувним процесам, причому одна умова не призводить до зсуву, умовою зсувних процесів це завжди комбінація декількох умов. Вказано умову порушення рівноваги.

Ключові слова: зсуви, укоси, причини, умови, структура, властивості.

CONDITIONS AND FACTORS OF LANDSLIDE

The article considers the factors of development of landslide processes, on the basis of these factors were identified three main causes of landslide processes: changes in the geometry of the slope, changes in the qualitative composition, additional loads on the rock. The conditions that promote shear processes are described, and one condition does not lead to shear, the condition of shear processes is always a combination of several conditions. The condition of imbalance is was name.

Key words: landslides, slopes, causes, conditions, structure, properties

Вступ

Зсуви - поширені явища в світі та на території України. Це явища, що приносять економічні збитки та псують естетичну складову. Людство бореться з наслідками зсувних процесів та запобігає їх утворенню, та для ефективності дій необхідне чітке розуміння умов і причин виникнення зсувних явищ.

На рисунку наведено динаміку чисельності зсувних процесів в Україні по регіонам (рис. 1).

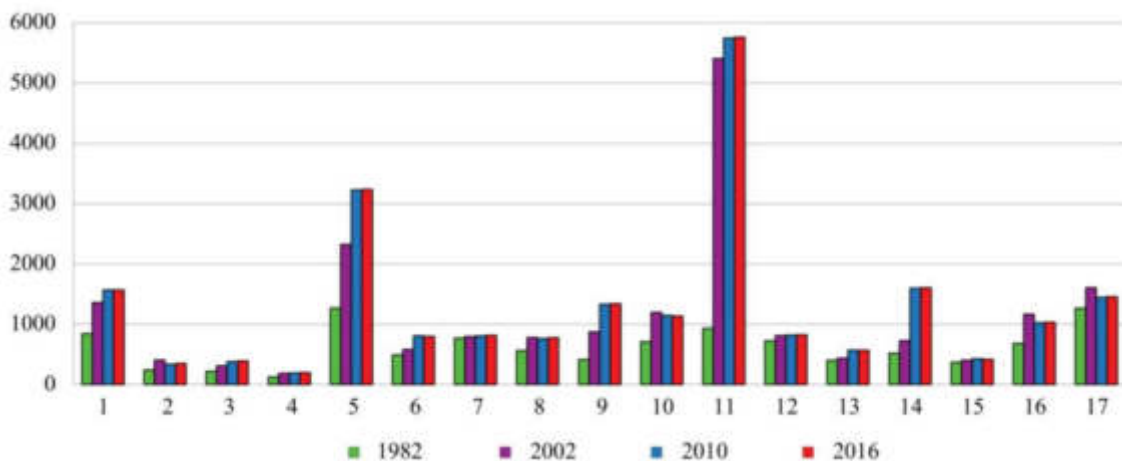


Рисунок 1 Динаміка чисельності зсувів (1982–2016 рр.) у найбільш зсувонебезпечних регіонах України: 1– АР Крим, 2 – Вінницька, 3 – Дніпропетровська, 4 – Донецька, 5 – Закарпатська, 6 – Івано-Франківська, 7 – Київська, 8 - Луганська, 9 – Львівська, 10 – Миколаївська, 11 – Одеська, 12 - Полтавська, 13 – Сумська, 14 – Харківська, 15 – Хмельницька, 16 – Черкаська, 17 – Чернівецька.

Отже, закарпатська та одеська області найбільше страждають від зсувних процесів.

Мета дослідження

Визначити чинники, що активізують зсувні процеси

Визначити сприятливі умови для зсувних процесів

Матеріал та результати дослідження

Зсув - геологічний процес, переміщення земляних чи гірських мас по схилу під дією сили тяжіння.

Під чинниками, що сприяють утворенню зсувів, слід розглядати всю сукупність природних та штучних умов, які полегшують дію сил та порушують рівновагу ґрунтових мас. Вивчення причини зсувних процесів полегшує прогноз явищ, а також вибір напрямку захисних інженерних заходів.

Умови, що сприяють утворенню зсувів:

- рельєф місцевості;
- геологічна будова схилів та укосів;
- особливості фізико-механічних властивостей гірських порід;
- гідрогеологічні умови;
- сучасні та новітні тектонічні рухи та сейсмічні явища;
- кліматичні особливості району;
- гідрологічний режим водойм та річок для берегових зсувних ділянок;
- розвиток супутніх екзогенних геологічних процесів та явищ;
- Інженерна діяльність людини [1].

Періоди зсувних рухів збігаються з періодами дощів, танення снігу. Особливо страждають райони, яким властиві тривалі дощі, що спричиняють значне просочування і насичення водою ґрунтів на укосах. У районах з інтенсивними зливами велика частина води швидко стікає з вододілів і укосів і лише незначна йде на інфільтрацію (просочування у гірських породах через капілярні пори, тріщини та інші пустоти).

Важливою умовою, що сприяє утворенню зсувів, є рельєф місцевості. Зсуви найчастіше поширені: у гірських районах; на ділянках із різко пересіченим рельєфом; на високих та крутих схилах річкових долин, на берегових схилах водойм, на укосах виїмок та кар'єрів.

Укоси, з зонами постійного або тимчасового зволоження, змочування та насичення, більш сприятливі для утворення зсувів у порівнянні з укосами дренажними та сухими ґрунтами.

Оцінка міцності та стійкості ґрунтів без урахування їх вологості та водоносності неприпустима. При дослідженні стійкості укосів та умов утворення зсувів слід розглядати вологість ґрунту як один із найважливіших природних факторів.

Сприятливі умови утворення зсувів створюються у разі розвитку супутніх геологічних процесів і явищ. Процеси вивітрювання ґрунтів, підмиву, деградація мерзлоти, суфозійні явища (вимивання мінеральних часток з ґрунту), тектонічні рухи, землетруси готують умови, що полегшують дію зсувних зусиль.

Важливе значення має міцність ґрунтів - опір зсуву, а також властивості, які характеризують схильність знижувати міцність. Важливо враховувати такі властивості ґрунтів: мінеральний склад та будова; фізико-механічний стан; розмокання, розм'якшення; гідрофільність; схильність до набухання, схильність до пластичних деформацій; тривалу

міцність; схильність до повзучості; та інші.

Будь-який зсув ґрунтових мас обумовлює руйнування укосу. Воно відбувається під впливом сили тяжіння та інших сил. Руйнування відбувається тільки тоді, коли зсувна складова сили тяжіння перевищить міцність ґрунтових мас на поверхнях або зонах ослаблення - коефіцієнт стійкості буде менше одиниці. Коли рівновага буде порушена, відбувається повільне або швидке зміщення ґрунтових мас [2].

Причинами утворення зсувів, найчастіше є такі:

- збільшення крутості укосу (понад 15-20°);
- ослаблення міцності ґрунтів внаслідок їх підмивання;
- фізико-механічний стан при зволоженні, набуханні, розущільненні, вивітрюванні;
- фільтраційні деформації (наприклад суфозія);
- зміна напруженого стану ґрунтів у зоні будівництва укосу;
- зовнішні впливи - завантаження укосу, мікросейсмічні та сейсмічні коливання;
- антропогенне втручання [3].

Причини можна поділити на три групи:

- зміна форми та висоти схилу;
- зміна будови, стану та властивостей порід, що складають схил;
- додаткове навантаження на схил.

Висновок

У виникненні та розвитку зсувного процесу бере участь безліч факторів у різних поєднаннях, посилюючи один одного. Вплив одного з факторів або синергія факторів стає вирішальним для виникнення або активізації зсувного процесу.

Узагальнюючи можна сказати, що причинами зсуву є зміна геологічної будови, зміна складу ґрунтового профілю та навантаження на схил.

Список використаних джерел

1. Емельянова Е.П. Сравнительный метод оценки устойчивости склонов и прогноза оползней. Москва: Недра, 1971. 103 с.
2. Кузьменко Э.Д., Крыжановский Е.И., Карпенко А.Н., Журавель А.М. Закономерная связь между величинами вероятностей возникновения оползней и оползневой опасности при комплексном воздействии природно-техногенных факторов. Научное открытие. Диплом № 310. Научные открытия: сборник кратких описаний научных открытий, научных идей, научных гипотез. 2006. М.: МААНОИ, 2007. С. 64–65.
3. Шутенко Л. М., Рудь О. Г., Кічаєва О. В. Механіка ґрунтів, основи та фундаменти. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. 66 с.

УДК 624.1

І. М. Євтушенко, магістр
Кафедра геоінженерії
КПІ імені Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна

ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ КРІПЛЕННЯ СТВОЛА КОЛЕКТОРА

В статті на основі аналізу існуючих безтраншейних способів проходки комунікаційних систем в місцях щільної забудови для конкретних інженерно-геологічних умов запропоновано штольневий спосіб спорудження каналізаційного колектору діаметром 0,3 м протяжністю 19 м. Для даної підземної споруди за допомогою програмного комплексу "Lira Sapr" обгрунтовано оптимальну конструкцію кріплення ствола колектору.

Усі необхідні розрахунки та побудова моделей для заданих умов були виконані за допомогою програмного забезпечення "Lira Sapr" з додатковим модулем геології. Слід також зазначити, що побудова моделей відбувалася з урахуванням впливу навантаження від обладнання, розташованого в межах призми ковзання навколо контуру ствола, що в свою чергу, дозволить забезпечити необхідну міцність кріплення стінок ствола без додаткових перевитрат матеріалів з дотриманням необхідних вимог безпеки виконання робіт.

На основі отриманих результатів розрахунків було встановлено зони розтягу, стиснення та руйнування ґрунтового масиву навколо колекторного ствола при застосуванні різних типів кріплення. Аналіз розрахунків дозволив обрати оптимальне кріплення для заданих параметрів каналізаційного ствола в конкретних інженерно-геологічних умовах.

Ключові слова: *безтраншейна проходка, штольнева проходка, ствол, колектор, кріплення, шпунтове кріплення, монолітне кріплення.*

I. Yevtushenko, master
Geoengineering department
Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute

ARGUMENTATION OF A DESIGN OF FASTENING OF A TRUNK OF A COLLECTOR

The article, based on the analysis of existing trenchless methods of communication systems in densely built-up areas for specific engineering and geological conditions, proposes a tunnel method of construction of a sewer collector with a diameter of 0.3 m and a length of 19 m. For this underground structure with the help of the software complex "Lira Sapr" the optimal design of the collector shaft mounting is substantiated.

All the necessary calculations and construction of models for the given conditions were performed using the software "Lira Sapr" with an additional module of geology. It should also be noted that the models were built taking into account the effect of load from the equipment located within the sliding prism around the barrel contour, which in turn will provide the necessary strength

of the barrel walls without additional material consumption.

Based on the obtained results of calculations, the zones of tension, compression and destruction of the soil mass around the collector shaft were established using different types of fastening. The analysis of calculations allowed to choose the optimal fastening for the given parameters of a sewer trunk in concrete engineering and geological conditions.

Keywords: *trenchless drilling, gallery drilling, trunk, collector, fastening, sheet pile fastening, monolithic fastening.*

ВСТУП

Інженерні мережі є основним елементом інженерного благоустрою міських територій. Спорудження мереж водопостачання та водовідведення займають одне із провідних місць у комплексі містобудівних і санітарно-епідеміологічних завдань.

У разі необхідності прокладання трубопроводу у місцях щільної промислової і міської забудови, а також під залізничними та автомобільними дорогами, їх проходка відкритим способом, частіше всього, буде просто неможлива. В таких випадках звертаються до так званих закритих методів прокладання трубопроводу, які включають в себе: проколювання (без виїмки ґрунту), продавлювання (з виїмкою ґрунту), горизонтальне буріння, віброударний спосіб, щитова проходка і метод штольневої проходки. Звичайно, необхідний і підходящий спосіб обирають виходячи з діаметра трубопроводу, його довжини, характеру пересічної споруди, геологічних умов і потрібною точністю прокладання трубопроводу в плані і профілі.

Метод проколювання доцільно застосовувати для влаштування захисних кожухів у глинах і суглинках нормальної вологості, без вмісту твердих включень. З метою зменшення бокового тертя, кожух облаштовують наконечником, який на 30-40 мм більший за зовнішній діаметр труби. Роботи проводяться без виїмки ґрунту.

Найпоширенішим методом безтраншейної прокладки трубопроводів є метод продавлювання. Він дозволяє влаштовувати переходи трубопроводів діаметром 700-2000 мм у будь-яких ґрунтах, окрім скельних та водонасичених.

Метод горизонтального буріння – індустріальний метод, який реалізується за допомогою наступних установок: машина з двигунами внутрішнього згорання, шнековий транспортер з ріжучим органом (голівкою), механізм подачі з лебідкою і системи блоків-поліспатів.

Щитовий спосіб проходки успішно застосовується в різноманітних геологічних умовах (піски, глини, вапняки, пливуні) при глибинні закладання від 6 до 25 м і більше.[1]

Штольнева проходка застосовується в умовах, де неможливо проводити роботи відкритим способом і в умовах великого перетину комунікацій. При проходці штольнею мінімізується ризик пошкодження інших комунікацій, так як роботи проводяться без застосування землерийної техніки. Даний спосіб характеризується великим об'ємом ґрунту, який необхідно виймати на поверхню. Для цього споруджуються спеціальні стволи, для видачі порід на поверхню і подачі необхідного обладнання.[2]

Оскільки наш каналізаційний колектор запроектований на ділянці в умовах уже існуючої щільної забудови, де прокладені і інші підземні комунікації, точне місце розташування яких не відоме, та з урахуванням геометричних параметрів колектору найдоцільніше застосувати штольневу проходку.

Мета та завдання: забезпечення стійкості ствола при будівництві колектора мілкового закладання штольневим методом, шляхом підбору оптимальної конструкції кріплення.

Матеріал і результати досліджень.

Для заданих умов розташування вертикального стволу з урахуванням його розмірів було розглянуто три типових конструкції кріплення, таких як: шпунтове, з анкерним кріпленням, монолітне кріплення з одним рядом анкерів і монолітне кріплення з двома рядами анкерів. Дані конструкції кріплення обрані через високу водонасиченість ґрунтів з метою запобігання підтоплення основних вузлів комунікацій.

Усі розрахунки та побудова моделей для заданих умов були виконані за допомогою програмного забезпечення “Lira Sap” з додатковим модулем геології.[3].

Для проведення розрахунків та побудови розрахункових схем, в усіх трьох варіантах, були задані наступні параметри ствола колектора:

Ширина – 4 м;

Глибина – 6 м;

Область моделювання: зліва – 10 м, справа – 10 м, нижня відмітка – 10 м.

Розрахункова схема наведена на рис. 1, а характеристики ґрунтів у табл. 1. Характеристики шпунтів та анкерів вказано в таблицях 2 і 3, відповідно.

Варіант шпунтового кріплення з одним рядом анкерів.

Таблиця 1 – Характеристика ґрунтів

Пласт	Відмітка верху пласта зліва, м	Відмітка верху пласта справа, м	Питома маса ґрунта, тс/м ²	Кут внутрішнього тертя, град	Модуль деформації, тс/м ²	Коефіцієнт Пуассона	Питома щільність, тс/м ²	Граничне розтягнення, тс/м ²	Коефіцієнт розвантаження
№п/п	L ₁₁	L ₂₁	γ ₁	φ ₁	E ₁	μ ₁	C ₁	R _{г,1}	K _{E,1}
1	0.00	0.00	1.60	30.00	800.00	0.30	0.10	0.01	3.00
2	-3.00	-3.00	1.70	34.00	3000.00	0.30	0.10	0.01	3.00
3	-5.00	-5.00	1.70	29.00	2000.00	0.33	0.80	0.08	3.00
4	5.00	5.00	1.70	29.00	3000.00	0.30	0.80	0.08	3.00

Таблиця 2 – Характеристика шпунтів

№п/п	Відмітка низу, м	Повздожня жорсткість, м	Жорсткість на згин, тс*м ²	Кількість дроблень
	Z ₁	E _{F1}	E _{I1}	K _{d1}
1	-8.00	1200000.00	12000.00	10
2	-8.00	1200000.00	12000.00	10

Таблиця 3 – Характеристика анкерів

Характеристика анкерів зліва						
№п/п	Прив'язка верху, м	Кут нахилу до горизонталі, град	Довжина, м	Повздожня жорсткість, тс	Розтяг, тс	Граничний розтяг, тс
	Z_1	α_1	L_1	EF_1	N_1	N_{max_1}
1	-3.00	45.00	3.00	8000.00	5.00	1000000000.00
2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Характеристика анкерів справа						
№п/п	Прив'язка верху, м	Кут нахилу до горизонталі, град	Довжина, м	Повздожня жорсткість, тс	Розтяг, тс	Граничний розтяг, тс
	Z_1	α_1	L_1	EF_1	N_1	N_{max_1}
1	-3.00	45.00	3.00	8000.00	5.00	1000000000.00
2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

В результаті обчислень, було отримано значення дотичних ізонапружень відносно стінок ствола та місця кріплення шпунта. В ключових місцях навантаження змінювалось в діапазоні 1,1 – 4.4 тс/м², що є достатнім для порушення цілісності стінок ствола. Виходячи з отриманих даних, було побудовано загальну схему конструкції кріплення (рис. 1) та графічну модель цілісних змін структури ґрунта, в межах будівництва (рис.2).

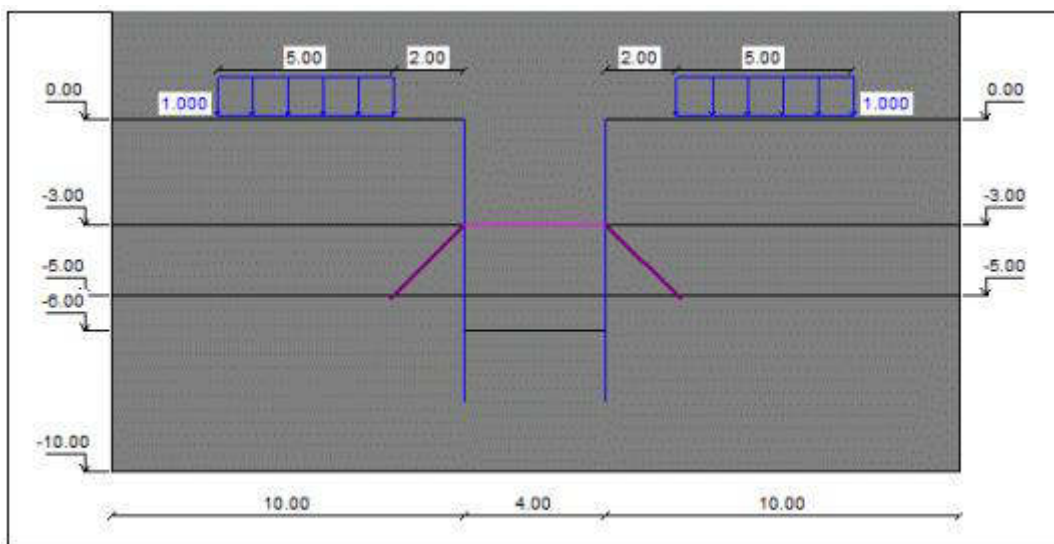


Рисунок 1 – Загальна схема конструкції кріплення

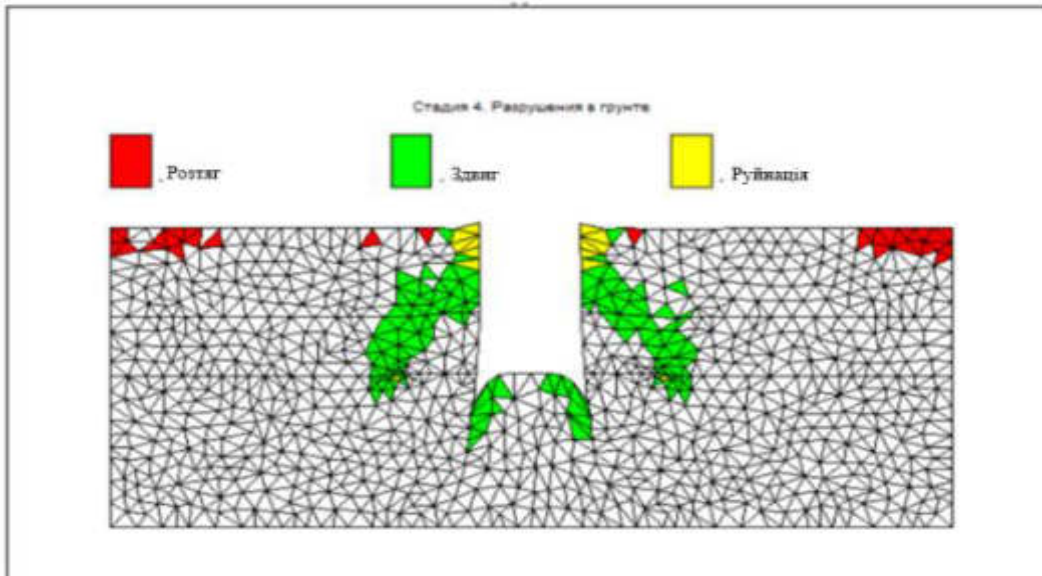


Рисунок 2 – Кінцевий стан ґрунту при встановленні шпунтового кріплення з одним рядом анкерів

Варіант монолітного кріплення з одним рядом анкерів.

Характеристики шпунтів (табл. 4) та анкерів (табл. 5) для даного варіанту кріплення приведені нижче.

Таблиця 4 – Характеристика шпунтів

№п/п	Відмітка низу, м	Повздовжня жорсткість, тс	Жорсткість на згин, тс*м ²	Кількість дроблень
	Z_1	EF_1	EI_1	Kd_1
1	-8.00	600000.00	1000.00	10
2	-8.00	600000.00	1000.00	10

Таблиця 5 - Характеристика анкерів

Характеристика анкерів зліва						
№п/п	Прив'язка верха, м	Кут нахилу до горизонталі, град	Довжина, м	Повздовжня жорсткість, тс	Розтяг, тс	Граничне розтягнення, тс
	Z_1	α_1	L_1	EF_1	N_1	N_{max_1}
1	-3.00	45.00	3.00	8000.00	5.00	1000000000.00
2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Характеристика анкерів справа						
№п/п	Прив'язка верха, м	Кут нахилу до горизонталі, град	Довжина, м	Повздовжня жорсткість, тс	Розтяг, тс	Граничне розтягнення, тс
	Z_1	α_1	L_1	EF_1	N_1	N_{max_1}
1	-3.00	45.00	3.00	8000.00	5.00	1000000000.00
2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1000000000.00
3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

За рахунок зміни конструкції кріплення, ізополя дотичних навантажень мають інший характер розповсюдження, і діапазон їх значень коливається в межах від $0,023 \text{ тс/м}^2$ до 4 тс/м^2 (в нижній частині ствола).

В результаті побудови на основі отриманих значень, було отримано загальну схему кріплення (рис. 3) та модель цілісних змін ґрунта (рис. 4):

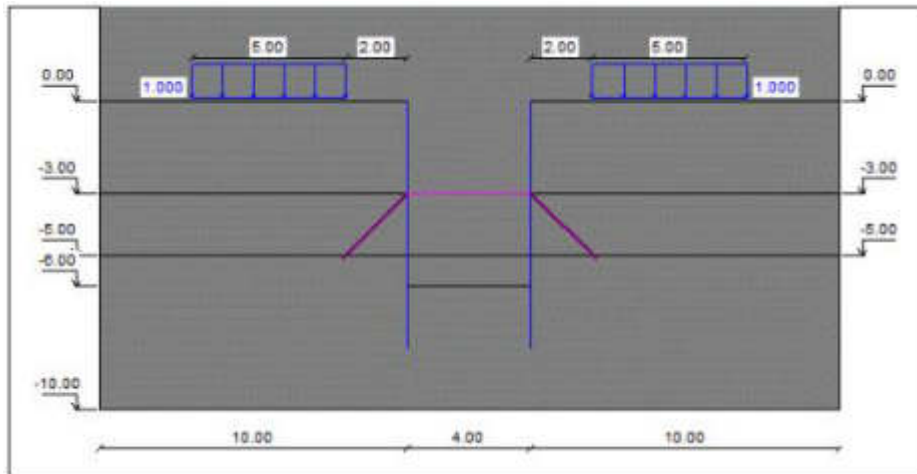


Рисунок 3 – Загальна схема конструкції монолітного кріплення з одним рядом анкерів

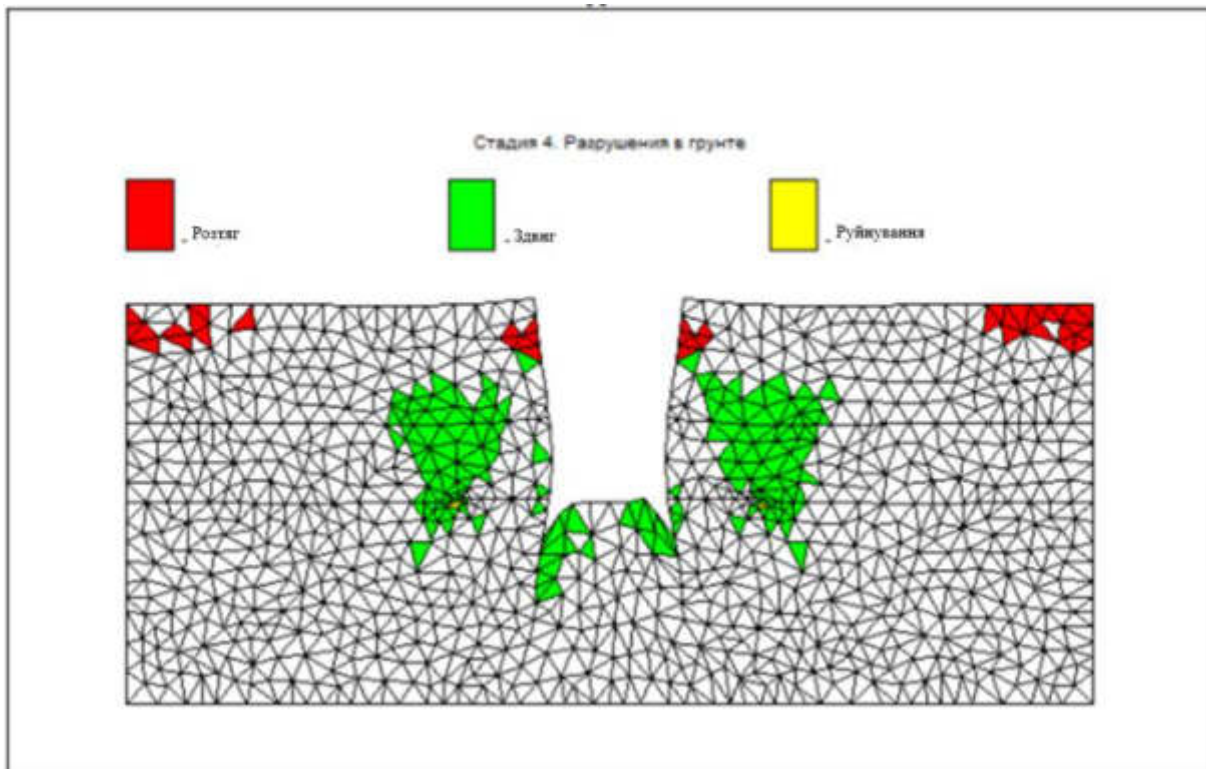


Рисунок 4 – Кінцевий стан ґрунта при встановленні монолітного кріплення з одним рядом анкерів

Варіант монолітного кріплення з двома рядами анкерів.

Характеристика шпунтів та анкерів для даного варіанту кріплення приведена нижче (табл. 6) і (табл. 7), відповідно.

Таблиця 6 – Характеристика шпунтів

№п/п	Відмітка вилу, м	Повздожня жорсткість, тс	Жорсткість на згин, тс*м ²	Кількість дріблець
	Z_1	EF_1	EI_1	Kd_1
1	-8.00	600000.00	6000.00	10
2	-8.00	600000.00	6000.00	10

Таблиця 7 – Характеристика анкерів

Характеристика анкерів зліва						
№п/п	Прив'язка верху, м	Кут нахилу до горизонталі, град	Довжина, м	Повздожня жорсткість, тс	Розтяг, тс	Граничне розтягнення, тс
	Z_1	α_1	L_1	EF_1	N_1	N_{max_1}
1	-3.00	45.00	3.00	8000.00	5.00	1000000000.00
2	-1.00	45.00	3.00	8000.00	5.00	1000000000.00
3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Характеристика анкерів справа						
№п/п	Прив'язка верху, м	Кут нахилу до горизонталі, град	Довжина, м	Повздожня жорсткість, тс	Розтяг, тс	Граничне розтягнення, тс
	Z_1	α_1	L_1	EF_1	N_1	N_{max_1}
1	-3.00	45.00	3.00	8000.00	5.00	1000000000.00
2	-1.00	45.00	3.00	8000.00	5.00	1000000000.00
3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

В результаті додання ще одного ряду анкерів, дотичні навантаження більш рівномірно розподілені в ґрунті, за рахунок чого, діапазон коливання значень майже в два рази менший, ніж у попередньому варіанті і складає 0,027 – 2,4 тс/м². За отриманими результатами розрахунку, було побудовано загальну схему кріплення (рис. 5) і модель цілісних змін ґрунта (рис. 6):

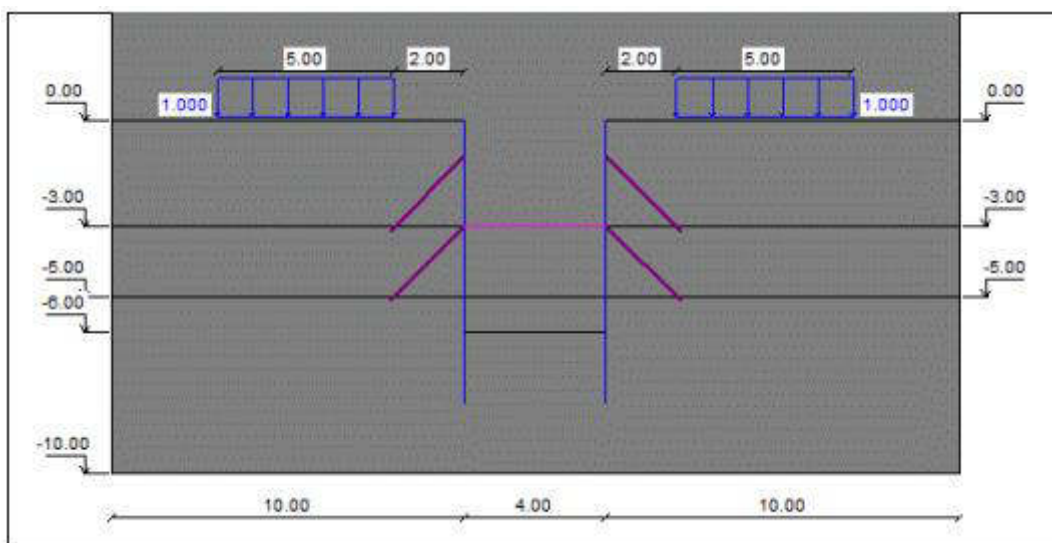


Рисунок 5 – загальна схема монолітного кріплення з двома анкерами

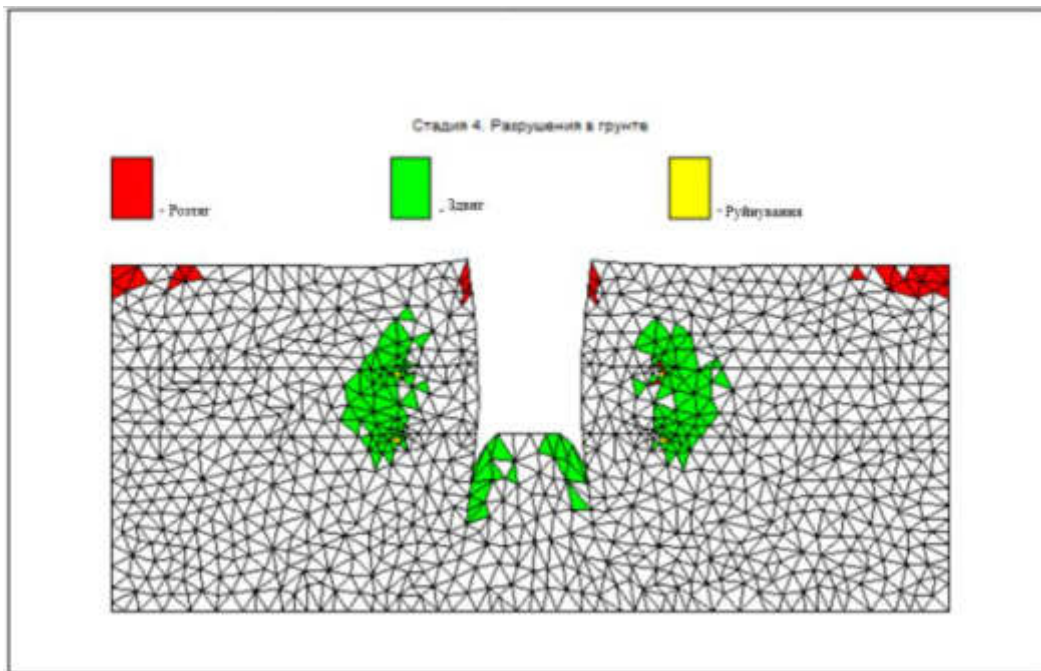


Рисунок 6 - Кінцевий стан ґрунту при встановленні монолітного кріплення з двома рядами анкерів

ВИСНОВКИ

Було проведено математичні вишукування, в результаті яких, за допомогою програми “Lira Sapr” візуалізовано порушення ґрунтів стінок ствола колектора мілкового закладання для трьох типів кріплення і проаналізовано отримані результати.

Отже, шляхом порівняння трьох типів конструкції кріплення, а саме: шпунтового кріплення з одним рядом анкерів, монолітного кріплення з одним рядом анкерів і монолітного кріплення з двома рядами анкерів, було встановлено, що варіант монолітного кріплення з двома рядами анкерів буде найбільш доречний для даних геологічних умов, оскільки відповідає вимогам основних поставлених задач: утримання стінок ствола від обрушення і деформації та забезпечення безпеки робітників при проведенні робіт.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Айрапетян Т.С. Міські інженерні мережі. Харків: ХНАМГ, 2008. 54 с.
2. Інженерні системи, Штольньова проходка. “БК” ЦЕНТР ІНЖИНІРИНГ. 19.12.2017. URL: <http://xn--90agehz2b.com.ua/uk/2017/12/19/shtolnya/>
3. Розрахунок та проектування конструкцій. URL: <https://www.liraland.ua/>

УДК 624.1

Р. І. Балковий, студ. гр. ОС-01мп, кафедри геоінженерії,
керівник Любов Шайдецька
КПІ імені Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна

СУЧАСНИЙ СПРОЩЕНИЙ СПОСІБ ФУТЕРУВАННЯ

В наш час для спрощення будівництва підземних споруд винаходять багато цікавих методів які дозволяють виконати необхідний об'єм робіт за менші терміни. Новітній спосіб футерування трубопроводу в колекторі показує наскільки технічний прогрес здійснив крок уперед.

Ключові слова: , колектор, трубопровід, футерування.

MODERN SIMPLIFIED METHOD OF LINING

Nowadays, to simplify the construction of underground structures, many interesting methods are invented that allow you to perform the required amount of work in less time. The latest method of lining the pipeline in the collector shows how much technical progress has taken a step forward.

Key words: pipeline, lining, collector.

Вступ. Системи водопостачання та водовідведення є важливим елементом промислової та господарсько-побутової інфраструктури населених міст Вони забезпечують стабільне функціонування підприємств, задовольняють соціальні потреби населення.

Будівництво зовнішніх і внутрішніх мереж водопостачання та водовідведення має організаційні та технологічні особливості, пов'язані з природними умовами, конструкцією споруджуваних об'єктів, їх майбутньою експлуатацією. Таке будівництво потребує значних матеріальних та трудових ресурсів, а якість будівельної продукції повинна забезпечувати надійну, раціональну та економічну роботу даних систем.

Мета та завдання полягає у розкритті та дослідженні нового сучасного спрощеного способу футерування.

Матеріал та результати досліджень. Після ретельного огляду та очищення/звільнення від накипу системи трубопроводів, гнучка насичена епоксидною смолою трубка (вкладиш) спеціально виготовляється та вставляється в існуючу каналізаційну трубу, яка вийшла з ладу. Висококваліфіковані спеціалісти з футеровки труб вміло встановлюють спеціально виготовлений вкладиш по всьому трубопроводу – навколо вигинів водопроводу, зміни діаметра, у бічних або вертикальних штабелях. Після того, як вкладиш затвердіє (затвердіє), утворює нову структурну поверхню. За потреби, роботизовані інструменти використовуються для повторного відкриття гілок і забезпечення оптимального потоку

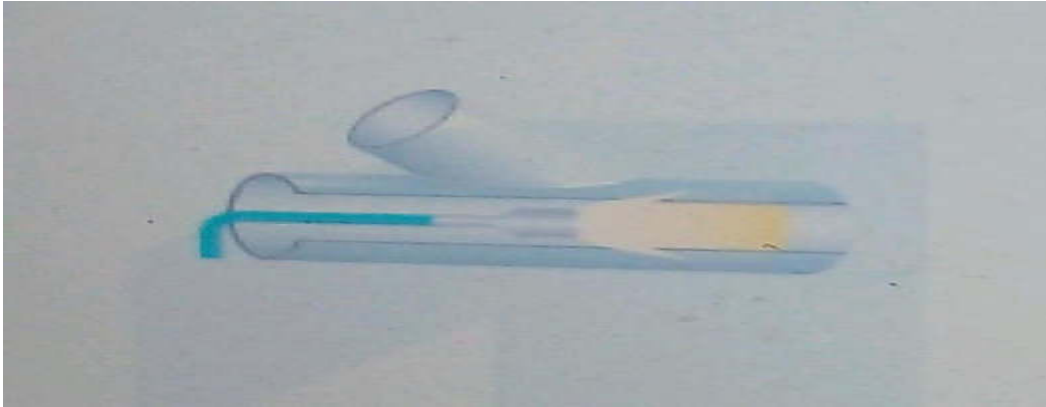


Рисунок 1 – Огляд трубопроводу

На додаток до структурних вкладишів, розпилювальні покриття та щіткові покриття можуть бути включені, щоб досягти інших недоступних ділянок або залежно від унікальних обставин окремої каналізаційної труби.

Щоб якнайкраще обслуговувати власників нерухомості в південно-східній Флориді, Pipelining Technologies, Inc. спростила процес безтраншейного ремонту каналізації на 3 кроки:

- діагностична відеокамера, огляд каналізаційних труб;
- механічне очищення та видалення накипу (може включати як вологий, так і сухий способи);
- точна підкладка труб із роботизованим відновленням гілки.

Судово-медична відеоінспекція фіксує деталі у високій чіткості. Повнокольорове цифрове відео також має зафіксувати діаметр труб, довжину (лінійні кадри), матеріал(и) та розташування розгалужень, задіяних у ваших каналізаційних лініях. Ви завжди повинні отримувати копію відеоінспекції разом із докладним звітом про результати для ваших особистих записів.

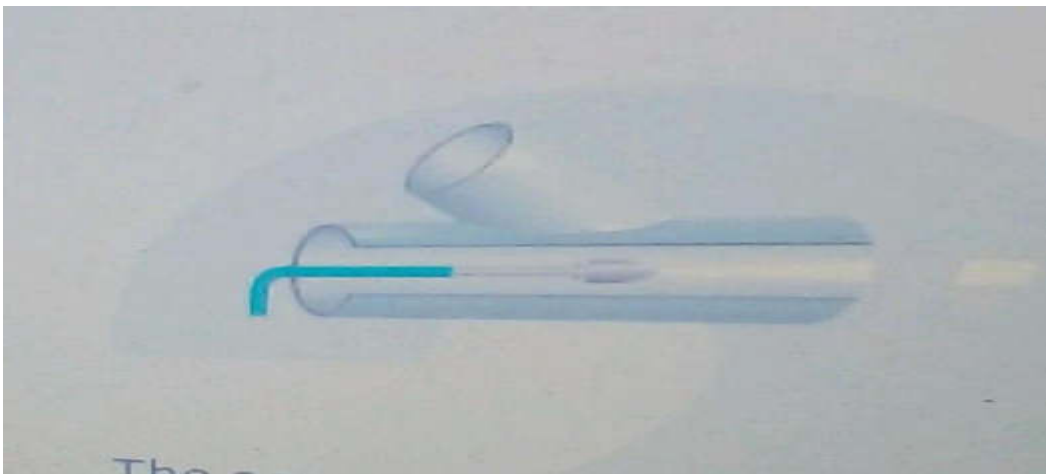


Рисунок 2 – Очищення труб колектору

Механічне очищення та видалення накипу для видалення засмічень, жирових відкладень, коріння дерев і сильного накипу або корозії. Очищення відновлює первинний діаметр труб, що має негайно покращити пропускну здатність і підготувати труби до футеровки. Відповідно до потреб об'єкта використовуються як гідро (мокрый), так і сухі

методи прибирання.

Після того, як труби були належним чином очищені, спеціальні вкладиші формуються, щоб вони поміщалися всередину існуючих трубопроводів. Підкладки виготовлені з високотехнологічного гнучкого матеріалу, насиченого епоксидною смолою. Використовуючи невеликі точки доступу та очищення зовнішньої сантехніки, вкладиш вставляється по всій довжині труби і дає можливість затвердіти (затвердіти). Новий лайнер стає власною структурою і має очікуваний термін служби 50 років!

Після встановлення прокладки каналізаційної труби відгалуження знову відкриваються за допомогою роботизованого відновлення. Ці футуристичні роботи переміщуються по трубах і з'єднують гілку з гілкою(ами), щоб забезпечити повністю інтегровану дренажну систему. Роботизовані інструменти керуються дистанційно за допомогою живих камер і керуються техніками з підкладки.

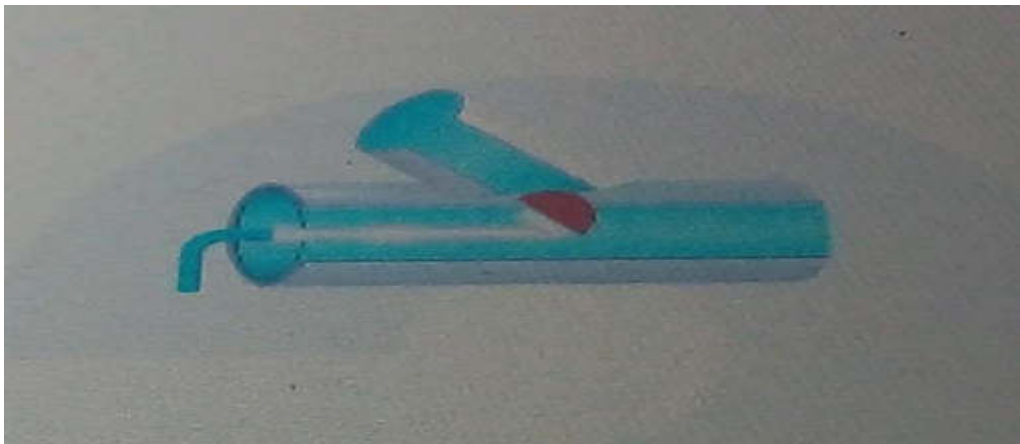


Рисунок 3 – Прокладка та відновлення
ПЕРЕВАГИ БЕЗТРАНШЕЙНОЇ ПРОКЛАДКИ КАНАЛІЗАЦІЙНИХ ТРУБ

Однією з найбільших переваг безтраншейної прокладки труб є зниження впливу на ваше майно. Використовуючи невеликі точки доступу та наявну сантехніку, безтраншейний підхід допомагає захистити цінну обробку, підлогу, стіни та шафи вашої будівлі. Це також захищає фундамент вашого майна.

- Мінімальні перебої в роботі каналізації або водопостачання;
- Утворюється менше відходів;
- Тривалість використання 50 років;
- Дорогі оздоблення та ландшафти не руйнуються.

Висновки. Можливості сучасних технологій та обладнання надають інженерам та будівельникам величезний вибір доступних способів улаштування споруд. Широкий спектр технічних рішень щодо улаштування огорож котлованів та варіантів їх кріплення охоплює практично весь діапазон інженерно-геологічних та гідрогеологічних умов, необхідних глибин та планових розмірів споруд. Вибір конструктивної схеми підземної споруди, типу огороження котлованів, способу її кріплення та технологічної послідовності робіт у котловані повинен бути продуманий та взаємно пов'язаний. У складних умовах цей вибір слід виконувати, зазвичай, виходячи з техніко-економічного зіставлення варіантів.

Список використаної літератури

1. Преимущества бестраншейной футеровки труб. URL: <https://pipelt.com/>

УДК 624.15

О. С. Самусь, студ. гр. ОС-01мп,
науковий керівник С. М. Стовпник
КПІ імені Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна

СУЧАСНЕ БУДІВНИЦТВО МЕТРО ТУНЕЛІВ

У даній статті розглянуто метод підсилення тунелю в нестійких масивах. Завдяки цьому методу можна уникнути просідань покрівлі тунелю та його обрушення. Також використовувати цементний розчин як додаткове кріплення.

Ключові слова: метро-тунелю; техніко-економічний; деформації; тампонаж; осідання; напружено-деформований

MODERN CONSTRUCTION OF METRO TUNNELS

This article considers the method of tunnel reinforcement in unstable arrays. With this method, you can avoid subsidence of the tunnel roof and its collapse. Also use cement mortar as an additional fastener.

Key-words: metro tunnel; technical and economic; deformations; tamponage; sinking; stress-strain

Вступ. Зручний та ефективний транспорт у міській місцевості, що поширюється у багатьох країнах світу – метро. Найкращий варіант для покращення швидкості переміщення та зменшення транспортних витрат. Цей дипломний проект актуалізує питання до ролі мереж метро на інноваціях та кількісно оцінює ефект від використання інноваційних технологій при будівництві нових станцій. Результати показують, що метро полегшує пасажиропотік, зменшуючи витрати на комунікацію та збільшуючи можливість безперешкодного пересування.

Мета та задачі дослідження. Метою даної роботи є визначення зон критичних напруг під дією навантаження та вібрацій для оптимізації конструктивних параметрів при спорудженні тунелю Сирецько-Печерської лінії метрополітену на житловий масив Виноградар в умовах демонтування конструкції з використанням підсилення кріплення.

Вказана мета досягається вирішенням наступних задач

- проаналізувати світовий досвід при будівництві метро-тунелів;
- визначення нормативно-технічної бази та вимог, що керують процесом метробудування;
- визначення критичних зон, що виникають в процесі будівництва і експлуатації, на етапі проектування за допомогою комп'ютерного моделювання ;
- оптимізувати конструктивні параметри метро тунелю.

Матеріали та результати дослідження. У виїмці ТБМ плита обертається під впливом поштовху, а ґрунт ламається під силою тяги і крутного моменту. Після розбиття породи початкова напруга на місці виїмки знімається.

Таким чином, цей процес еквівалентний копанню та розбиванню породи шляхом викопування та розвантаження для моделювання ТБМ. Якщо припустити, що процес розвантаження є лінійним, то конструкцію виїмки ТБМ можна моделювати шляхом лінійного зняття навантаження при нормальному русі тиск і навантаження домкрата прикладаються до стіни тунелю протягом певного часу. Програмне забезпечення Midas GTS NX використовується для моделювання процесу тунелювання ТБМ. Показано розташування точок DC1 до DC2 в моделі на рис.1.

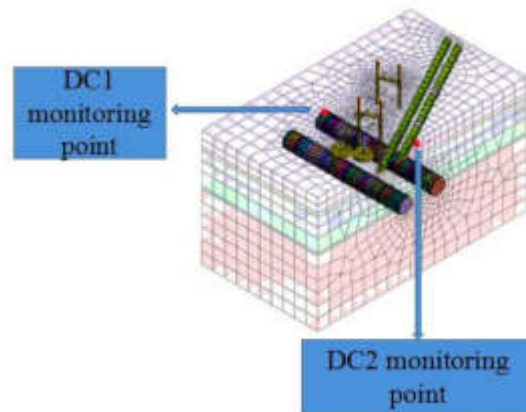


Рисунок 1 – Розташування точок DC1 та DC4

Враховуючи відповідний інженерний досвід та теорії, розглядається відповідний ефект розміру моделі. Відстань від лівої та правої межі тунелю до краю в моделі має бути приблизне 3D моделювання. З дальньої межі на це значення не вплине земляна робота. Якщо модель розміру невелика, то результат розрахунку буде неточним. У моделі діаметр щитовий тунель 6 м, товщина відрізка 0,3 м, довжина відрізка щита 1,5 м. Геометричні розміри моделі такі ж, як і оточуючих ґрунтів розміром 90 м × 50 м × 50 м.

Модель враховує лише вібрацію від розбиття породи фрезою, а не вібрацію механічна вібрація головного двигуна ТБМ та операція свердління болтів. В аналізі з огляду на чутливість різних швидкостей руху, середня швидкість руху становить 2,30 м/год для ТБМ для перетин злегка вивітрюваного гранітного шару. За домовленістю з проходженням тунелю на місці даних, моделювання процесу тунелювання ТБМ на 1 м займає приблизно 1400 с, 1700 с, 2000 с, 2300с та 2600 с для швидкостей копання 2,55 м/год, 2,11 м/год, 1,8 м/год, 1,56 м/год та 1,38 м/год відповідно. Ці значення швидкості використовуються для вивчення впливу різних швидкостей копання конструкції ТБМ наземне поселення. Для аналізу чутливості різних тисків руху, звіти про будівництво та вимірювання на місці виявили, що тиск руху, який буде використовуватися в моделюванні водіння ТБМ, зображено на рис.2 при тисках руху 120кН/м², 240 кН/м², 360 кН/м², 480 кН/м², 600 кН/м².

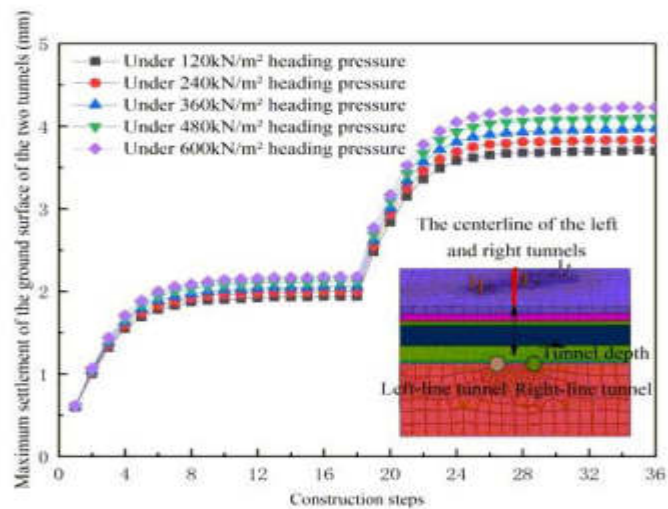


Рисунок 2 – Максимальне осадження поверхні на центральній лінії тунелю

Зміна остаточного осідання поверхні землі при різних швидкостях руху показано на рис.3. Вся поверхня тунелю знаходиться в стані занурення під час виїмки тунелю, а найбільша осідання поверхні відбувається на осі тунелю.

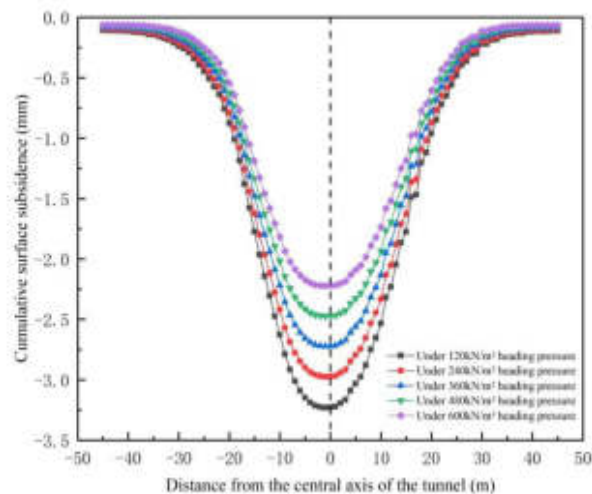


Рисунок 3 – Карта накопиченого поверхневого осідання

Хоча тунель побудований подвійною лінією виїмки, немає двох осадних борозен, симетричних відносно центральної осі на поверхні, тому що тунель має велику глибину заглиблення, а також вплив подвійного тунельного розкопування на заселення землі ослаблений. Осідання ґрунтової поверхні приблизно на 30 м від центральної осі с тунель знаходиться в межах 1 мм, що має мінімальний вплив на ґрунт. Починається осідання поверхні різко збільшується, коли відстань менше 30 м. На малюнку показано, що коли швидкість руху є 1700 с/м (2,55 м/год), 2000 с/мс (2,11 м/год), 2300 с/мс (1,8 м/год), 2600 с/м (1,56 м/год) і 2900 с/м (1,38 м/год), осідання поверхні центральної осі 3,22, 3,43, 3,63, 3,96 і 4,18 мм відповідно.

Швидкість проходження тунелю впливає на осідання поверхні; поселення невелике при проходженні тунелю швидкість висока. Щоб максимізувати економічні вигоди від конструкції ТБМ, швидкість руху повинна бути максимально збільшено (з контролем інших параметрів руху), щоб зменшити ґрунт осідання і вплив на поверхневі структури.

Висновок: У конструкції ТБМ різні швидкості руху мають різний вплив на поверхню. Коли інші параметри руху контролюються, при високій швидкості розрахунки невеликий. До максимізувати економічну вигоду, швидкість копання слід збільшити, щоб ґрунт зменшуються просідання і вплив на ґрунтові конструкції. Різні тунельні тиски мають різний вплив на поверхню. У певному діапазоні, осадка мала, коли тунельний тиск високий. У практичному інженерному застосуванні. Для максимізації економічного ефекту та зменшення поверхні необхідно збільшити тиск у воді ТБМ просідання і вплив на поверхню будівлі.

Список використаної літератури

1. Голіцинский Д. М. Будівництво тунелів та метрополітенів. М.: Транспорт, 1989. 319 с.
2. Arbabsiar M. H., Ebrahimi Farsangi M. A., Mansouri H. A. New Model for Predicting the Advance Rate of a Tunnel Boring Machine (Tbm) in Hard Rock Conditions. *Rudarsko-geološko-naftni zbornik*. 2020. Vol. 35. P.57-74. [doi:10.17794/rgn.2020.2.6](https://doi.org/10.17794/rgn.2020.2.6)
3. Cao Y. H., Zhuge A. J. Effect of Shield Tunneling on Existent Piles in Soft Soil Area. *Advanced Materials Research*. 2013. Vol. 671-674. P.1093-1097. [doi:10.4028/www.scientific.net/AMR.671-674.1093](https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.671-674.1093)
4. Faramarzi L., Kheradmandian A., Azhari A. Evaluation and Optimization of the Effective Parameters on the Shield TBM Performance: Torque and Thrust—Using Discrete Element Method (DEM). *Geotechnical and Geological Engineering*. 220. Vol. 38. P. 2745-2759. [doi:10.1007/s10706-020-01183-y](https://doi.org/10.1007/s10706-020-01183-y)
5. Kwak Chang-Won, Park Inn-Joon. Numerical simulation for surface settlement considering face vibration of TBM tunnelling in mixed-face condition. *Journal of Korean Tunnelling and Underground Space Association*. Vol. 17. P. 333-339. [doi:10.9711/ktaj.2015.17.3.333](https://doi.org/10.9711/ktaj.2015.17.3.333)

УДК 624.15

Я. Р. Полякова, магістр

Інститут енергозбереження та енергоменеджменту
КПІ імені Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна

ПОРІВНЯННЯ ТА ЧИСЕЛЬНИЙ АНАЛІЗ ВПЛИВУ ЗМІНИ ПЛИТНОГО ФУНДАМЕНТУ ГЛИБОКОГО ЗАКЛАДАННЯ НА ПЛИТНО-ПАЛЬОВИЙ ФУНДАМЕНТ

У цій статті описується випадок використання композитного пальово-плитного фундаменту для вирішення проблеми з нерівністю осідання споруди. Зазвичай для вирішення цієї проблеми використовується метод заглибленого бетонного плитного фундаменту, однак цей метод створює велику концентрацію напружень в межах 1 м від кінця споруди.

Механічна несуча здатність плитного фундаменту глибокого закладання недостатня і схильна до структурних пошкоджень. Крім того, швидкість поздовжньої зміни схилу також дуже висока.

Для подолання цих обмежень і вирішення проблеми пропонується метод переробки структури фундаменту глибокого закладання на плитно-пальнової фундамент. Наведено побудову запропонованого методу, а результати дослідження прикладу, проаналізованого за допомогою польового моніторингу та моделювання, виконаного за допомогою моделювання методом скінчених елементів у програмному забезпеченні ABAQUS, показують кращі за плитний фундамент результати.

Результати свідчать про те, що механічні несучі характеристики запропонованого методу зведення фундаменту є кращими, ніж звичайний метод глибоко закладання плити, а отже, конструкція більш стійка до пошкоджень.

Крім того, оскільки пальнової фундамент підвищує несучу здатність фундаменту, швидкість поздовжньої зміни ухилу нового композитного фундаменту пале-плит у 2,5 рази перевищує швидкість заглиблення бетонної плити.

COMPARISONS AND NUMERICAL ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF THE CHANGE OF THE DEEP FOUNDATION PLATE FOUNDATION ON THE PLATE AND PILE FOUNDATION

This paper describes a case of using a pile-slab composite foundation to handle a bridge-end bump problem. Conventionally, a deep-seated concrete slab method is employed to tackle this problem; however, this method generates a large stress concentration within 1m from the bridge end.

The mechanical bearing capacity of the deep-seated concrete slab is insufficient and prone to structural damage. Further, the longitudinal slope change rate is also very high. To overcome these limitations and solve the problem, a lower partition slab-pile foundation treatment method is proposed. The construction of the proposed method is provided, and the results of a case study analyzed by field monitoring and a simulation executed using ABAQUS finite element simulation show good agreement.

The results indicate that the mechanical bearing characteristics for the proposed lower partition

slab-pile foundation treatment method are better than the conventional deep-seated concrete slab method, and therefore, the structure is more resistant to damage. In addition, because the pile foundation enhances the foundation bearing capacity, the longitudinal slope change rate of the new pile-slab composite foundation is 2.5 times that for the deep-seated concrete slab technology.

Вступ. Дослідження гірських порід і ґрунтів надало велике значення дослідам стійкості та осадки м'яких ґрунтові основи. У реальній інженерії проблему нерівностей, викликаних м'яким осадженням фундаменту, було важко контролювати та вирішити.

Ця стаття базується на експерименті побудови плити під кутом, щоб зменшити проблему утворення деформацій на кінці плити. Було проведено тривимірний аналіз методом скінчених елементів, враховуючи взаємодію між плитою та ґрунтом насипу, і виявили, що при відділенні плити від ґрунту, плита перебуває в стані руйнування. В ході дослідження використано аналіз скінчених елементів для дослідження диференційного осідання ґрунтової насипи під навантаженням від будівлі. Чисельний аналіз проведено для вивчення ступеня і локалізації тріщин шляхом виконання нелінійного аналізу плити.

Виходячи з поточного стану застосування методу, проблема нерівності осідання все ще виникає і впливає на нормальне використання та довговічність основ будівель. Актуальним залишається метод виявлення проблеми з кінцевими частинами фундаментів.

Традиційна технологія плитного фундаменту має кілька обмежень, наприклад, дуже легко відокремити дно плити від ґрунту, що не сприяє деформації та опору плити. Тому необхідно вдосконалити традиційний підхід, та оптимізувати компонування плити та конструктивну схему.

Мета роботи. Метою даної роботи є визначення критичних зон плитного фундаменту, урахування всіх недоліків такого типу фундаменту, розрахунок альтернативної схеми зведення з заміщенням плитного фундаменту на пальово-плитний фундамент.

Методика, матеріали та результати дослідження. Випадок, що досліджується має певний недолік з точки зору механізму роботи на слабких ґрунтах що осідають. Однак заміщення цього типу фундаменту на запропонований підвищить економічні і міцнісні характеристики об'єкту.

Завдяки м'яким властивостям ґрунту фундаменту на проектній ділянці під дією верхнього навантаження виникне велике осадження. Таким чином, між спорудою з жорстким фундаментом і гнучкою фундаментною основою може легко виникнути надмірна осадка, що спричинить вибоїння фундаментних плит. Рекомендуються різні конструкції, щоб покращити контроль кривої осадки торцевої основи та пом'якшити вплив осадки. [1]

З цією метою було вирішено використовувати схему плитно-пального фундаменту для контролю осідання споруди, та пом'якшити проблему з нерівномірним осіданням.

Етап 1. Мінімальна глибина заглиблення 2 м. Після проведення земляних робіт до проектної висоти виконується обробка ділянки. На дно котловану в якості робочої будівельної поверхні укладається гравій 10 см та інші водопроникні матеріали. Після завершення встановлюють буронабивну палі.

Етап 2. Буронабивна паля має діаметр 50 см і розташовується в два ряди по шість одиниць. Міцність бетону тіла палі - С30, а максимальна довжина одиночного стрижня - 32 м. Верхня частина палі виконується з випусками для з'єднання з плитою. Після завершення

будівництва верх палії вирівнюється і укладається гравійна подушка товщиною 20 см. [2]

Етап 3. Залізобетонна плита відливається відповідно до сталевих випусків у верхній частині палі. Опорна балка виготовлена з бетону С30. Всього встановлено три опори. Після ущільнення днища третьої опори пальовий фундамент не передбачається. Перший опорний щиток призначений для з'єднання сталевого випуска з нижньою перегородкою, а зовнішня частина обшита трубою з ПВХ, щоб гарантувати, що нижня перегородка може обертатися під певним кутом навколо стику внахлест, а дві останні опорні балки є не підготовленими для з'єднання з нижньою перегородкою. Арматура знаходиться у вільно кінцях. Після того, як міцність опорної балки відповідає вимогам специфікації, шлак належним чином засипають і ущільнюють до дна нижньої плити основи. [3]

Етап 4. Нижня перегородка завершується залізобетонною заливкою класу С30. Марка сталі - сталь HRB400. Нижня перегородка має довжину 10 м, ширину 5 м, товщину 30 см. Після того, як нижня перегородка набула проектної міцності, щоб відповідати певним вимогам, виконують зворотню засипку. Між плитами нижньої перегородки резервується 2-сантиметровий будівельний стик, який заповнюється асфальтовою ватиною та двошаровою сталепластиковою сіткою, розміщеною на шві стику для запобігання відбиття тріщин. [4]

Етап 5. Після того, як міцність нижньої перегородки відповідає вимогам специфікації, шлаковий наповнювач з хорошою водопроникністю засипають і ущільнюють до нижньої поверхні шару дорожнього покриття. [5]

Аналіз методом кінцевих елементів.

У цій роботі ABAQUS використовується для моделювання чисельного моделювання проекту з використанням методу пальового фундаменту глибокого закладання та методу плитного фундаменту для створення двовимірної (2D) моделі аналізу (рис. 1).

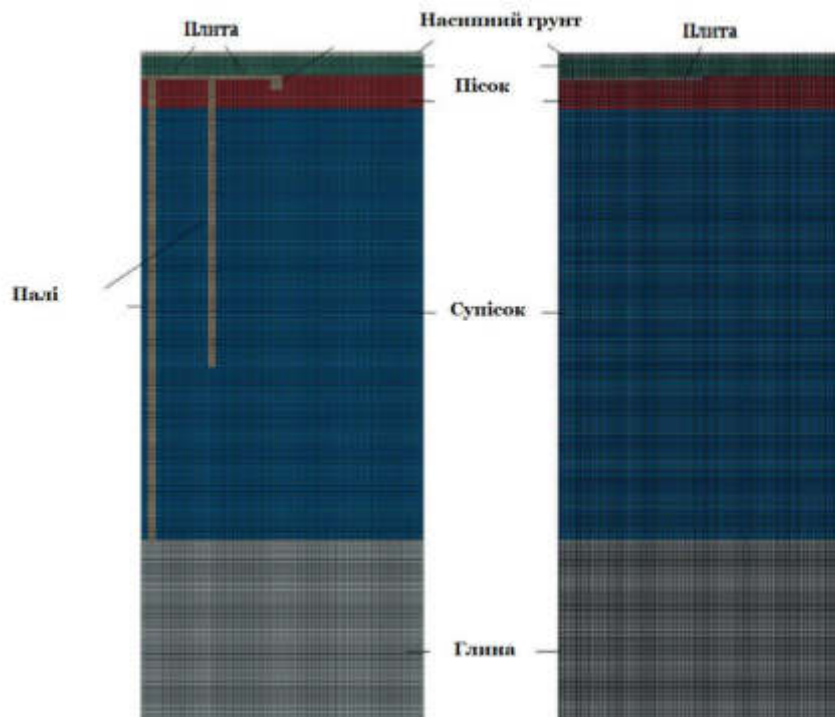


Рисунок 1 – Розрахункова модель

Довжина плитного фундаменту 20 м, глибина 46 м, що дозволяє виключити вплив граничних ефектів на результати моделювання. Загальна кількість сіток – 41 490, з них кількість елементів ґрунту – 38 827, елементів пальово-плитного композитного фундаменту – 1200, кількість елементів у шарі шлаку – 1197, кількість елементів у шарі дорожнього покриття. сітки — 266. Показники шару ґрунту, необхідні для моделювання, отримані за протоколом інженерних вишукувань та лабораторних випробувань. Ґрунт приймає модифіковану модель суглинку. Модуль пружності — 30 ГПа, коефіцієнт Пуассона — 0,2, модуль пружності покриття — 1,4 ГПа, коефіцієнт Пуассона — 0,2, модуль пружності шару засипки ґрунту — 14 МПа, коефіцієнт Пуассона — 0,35. Контакт паля-ґрунт використовує контакт поверхня-поверхня, звичайний контакт важко контактувати, тангенціальний контакт є хибним контактом, а коефіцієнт тертя становить 0,35. Всі інші контакти є жорсткими контактами. Спочатку використовуються кроки геостатичного аналізу на загальній моделі, щоб отримати правильне початкове поле напружень, а потім використовуються етапи аналізу ґрунту для врахування розсіювання тиску, а потім аналізується ефект обробки осадження в різний час. Після того, як споруда була введена в експлуатацію, навантаження еквівалентне 10,5 кПа, а загальний час аналізу становить 730 днів.

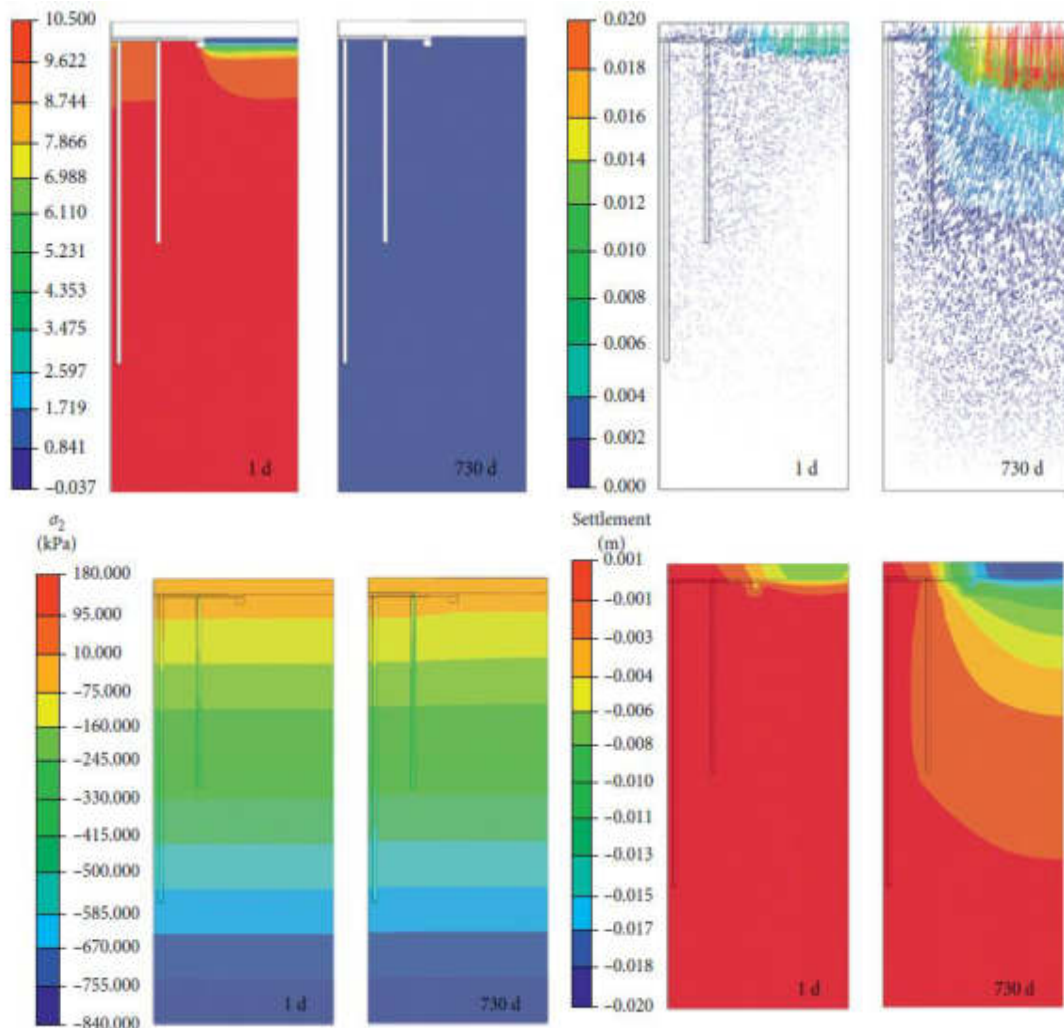


Рисунок 2 – Деформації і зміщення плитно-пального фундаменту

На рисунку 2 показані результати вертикального напруження, вертикального зміщення, тимчасового тиску та вектора зміщення за перший день і 730 днів моделювання ABAQUS. З рисунка 2 можна зробити висновок, що вертикальне напруження не змінюється суттєво, а зосереджене напруження створюється на стику плити паль.

Вертикальне зміщення поступово збільшується з часом, а зі збільшенням відстані від кінця зміщення також збільшується. Створюється надлишковий тиск від ґрунту і максимальне значення становить 10,46 кПа. З розвитком консолідації тимчасове навантаження в основному розсіявся через 60 днів. Вектор деформації поступово збільшується з часом, максимум становить 19,45 см, поступово зменшується з глибиною і збільшується з віддаленням від кінця фундаменту і досягає максимуму в кінці ділянки обробки, що свідчить про те, що пальово-плитний композитний фундамент може повністю замінити плитний.

Висновки. В цій статті представлено випадок використання нового композитного фундаменту паль-плит для боротьби з відділенням плити фундаменту від гірського масиву. Спочатку запропоновано спосіб обробки нижнього плитно-пального фундаменту та детально ознайомлено з методом будівництва. За результатами моніторингу на місці та аналізу кінцевих елементів можна зробити наступні висновки: Вперше запропоновано метод обробки торця плити інтегрованим бетонним перегородко-пальовим фундаментом. За рахунок загальної дії паль і плит розсіюється напруга фундаменту в фундаменті, що може не тільки зменшити осідання, але й покращити диференціальну осадку, забезпечуючи переходи між елементами конструкції за допомогою шарнірного з'єднання. У фокусі цієї роботи є пропозиція нового методу для вирішення проблеми нерівності плити за допомогою нового композитного фундаменту з пальових плит. Три аспекти нового методу будівництва (механічний аналіз пальової структури, механічний аналіз конструкції плити та кінцевий ефект контролю осадки) досліджуються на реальних випадках у поєднанні з польовим моніторингом та чисельним моделюванням та порівнюються з оригінальним методом. Подальші роботи будуть зосереджені на оптимізації проекту нового пальово-плитного композитного фундаменту.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. ДБН В 2.1.- 10: 2018 Основи та фундаменти будівель та споруд. Основні положення. К.: Мінрегіон України, 2018. 35 с.
2. ДБН В 2.6-98:2009. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення проектування. – На заміну СНиП 2.03.01-84*. К.: Мінрегіон України, 2011. 71 с.
3. ДСТУ Б В.1.2-3:2006. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Прогини і переміщення. Вимоги проектування. К.: Мінрегіон України, 2006. 14 с.
4. ДБН В.1.2-2-2006. Навантаження та впливи. К.: Мінрегіон України, 2006. 75 с.
5. ДБН В.2.1-10-2009. Основи та фундаменти споруд. К.: Мінрегіон України, 2009. 107 с.

УДК 624.1

С. М. Стівпник, к. т. н., доц.,
Д. І. Андрійчук, магістр.
КПІ імені Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна

КОНСТРУКТИВНІ ТА ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ ЩОДО РЕКОНСТРУКЦІЇ КАНАЛІЗАЦІЙНИХ ТУНЕЛІВ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ЕЛЕМЕНТІВ ІЗ ВТОРИННИХ ПОЛІМЕРНИХ КОМПОЗИТНИХ МАТЕРІАЛІВ

Анотація. Постановка проблеми. Наразі каналізаційні мережі великих міст України істотно зношені через тривалу експлуатацію, неефективні рішення щодо захисту конструкцій від агресивного впливу середовища, низької якості матеріалів і будівельно-монтажних робіт. Відновлення експлуатаційних характеристик, надійності і довговічності каналізаційних тунелів – витратне і технічно складне завдання, виконання якого гостро необхідне для запобігання аварій, в тому числі таких, що мають серйозні екологічні наслідки. Існуючі сучасні технології виробництва робіт і застосовувані для відновлення матеріали з різною ефективністю дозволяють виконувати ці завдання, разом із тим потреба зниження витрат на відновлення за рахунок використання вторинної полімерної сировини та вдосконалення технологічних рішень бачиться актуальним напрямком досліджень.

Мета статті. З урахуванням накопиченого досвіду відновлення каналізаційних тунелів розробити рішення щодо відновлення експлуатаційної придатності, надійності і довговічності каналізаційних тунелів. Висновок. Застосування виробів із вторинних полімерних композитних матеріалів у процесі відновлення каналізаційних тунелів має суттєві економічний і екологічний ефекти, а також забезпечує можливість проведення робіт із відновлення ділянок з обмеженим доступом.

Ключові слова: каналізаційний тунель; руйнування кріплення; захисне облицювання; санація; відновлення; вироби з вторинних композитних полімерних матеріалів

S. Stovpnyk, Cand. Sc. (Tech.), Ass. Prof.,
D. Andriyчук, master.

CONSTRUCTIVE AND TECHNOLOGICAL SOLUTIONS REGARDING THE RECONSTRUCTION OF SEWERAGE TUNNELS USING SECONDARY POLYMER ELEMENTS COMPOSITE MATERIALS

Annotation. Problem statement. Currently sanitary drainage systems of large cities in Ukraine are significantly worn down with prolonged use and due to inefficient solutions for protection of the structures from aggressive effects of the environment, poor quality of materials and construction and installation works during building. Restoration of performance characteristics, reliability and

durability of sewer tunnels is the costly and technically complex task, which is urgently needed to be fulfilled to prevent accidents including those with serious environmental impact. Modern work technique and the materials used for restoration allow us to solve these problems with different levels of efficiency, while reducing the cost of restoration due to use of recycled polymeric raw material, as well as to improvement of technological solutions is a currently important direction of research.

Purpose of the article. *To develop solutions for restoring serviceability, reliability and durability of sewer tunnels taking into account the accumulated experience in renovation of water disposal networks. Conclusion. Use of components made of recycled polymer composite materials during restoring sewer tunnels has significant economic and environmental effects and allows to undertake repair work in hard-to-reach areas.*

Keywords: *sewer tunnel; destruction of supports; protective lining; sanitization; renovation; components made of recycled polymer composite materials.*

Постановка проблеми.

Геотехнічні умови сформованих і перспективних територій великих міст істотно впливають на компонування мереж водовідведення при проектуванні, значною мірою диктуючи основні технічні рішення та типи конструкцій, що застосовуються.

Системи водовідведення великих міст України, що експлуатуються в даний час, мають значні за протяжністю тунельні ділянки глибокого закладання, побудовані, як правило, закритим способом з використанням прохідницьких щитових комплексів ПЩ 2,1; 2,56; 3,2; 3,7 та 4 м. [1].

Період активного розвитку інфраструктури великих міст України, у тому числі будівництва мереж водовідведення, пов'язаний насамперед з розвитком промисловості і припадає на другу половину ХХ століття.

Так, наприклад, у Харкові у цей період було введено в експлуатацію понад 50 км каналізаційних тунелів глибокого закладання; відповідно до чинних на момент будівництва нормативних вимог, для обслуговування мережі каналізаційних тунелів було побудовано понад 90 оглядових та перепадних шахт [2].

В даний час експлуатаційний період зазначених мереж становить більше 40 років, що позначається на їх технічному стані та експлуатаційних характеристиках: аварії, що виникають з наростаючою частотою, вимагають значних витрат лише на їх ліквідацію та локальні відновлення.

Без перебільшення можна сказати, що каналізаційні системи великих міст України працюють на межі колапсу, загрожуючи, окрім економічної шкоди, великими аваріями та серйозними екологічними наслідками [9].

Враховуючи вище сказане, розробка ефективних конструктивних та технологічних рішень щодо відновлення експлуатаційної придатності, надійності та довговічності каналізаційних тунелів – необхідна складова успішного вирішення проблеми зношених мереж.

Аналіз публікацій. Відбитий у літературі досвід відновлення та захисту конструкцій каналізаційних тунелів зводиться до технічних рішень, що забезпечують відновлення (при необхідності) несучої здатності конструкцій кріплення та пристрій захисного покриття, стійкого до дії характерного для умов експлуатації агресивного середовища [2; 11].

Існуючі на сьогоднішній день матеріали, вироби та технології їх застосування [7; 8] дозволяють широко застосовувати різні види труб при влаштуванні та відновленні мереж каналізації.

Також є досвід застосування поліетиленових листів [3] для влаштування захисного покриття залізобетонних конструкцій та труб [10] для санації мереж каналізації.

Властивості та особливості поведінки полімерних матеріалів, зокрема, поліетилену, достатньо вивчені як у лабораторних умовах, так і умовах реальних агресивних хімічних середовищ та мікробіологічних впливів [4].

Мета дослідження. Використовуючи накопичений досвід експлуатації мереж відновлення каналізаційних тунелів, розробити та запропонувати ефективні конструктивні та технологічні рішення щодо відновлення їх експлуатаційної придатності, надійності та довговічності. Виклад матеріалу. Враховуючи існуючий досвід захисту та відновлення конструкцій мереж водовідведення, пропонувані технічні рішення нових (альтернативних) способів відновлення конструкцій каналізаційних тунелів повинні відповідати таким вимогам:

- технологічність при виготовленні елементів;
- Простота монтажу, можливість застосування на ділянках з обмеженим доступом;
- стійкість до агресивного впливу середовища;
- довговічність та надійність;
- забезпечення надійного захисту від корозії конструкцій несучої обробки;
- відповідність екологічним вимогам;
- висока економічна ефективність.

В останні роки в Україні крім санації каналізаційних мереж з використанням різних видів труб (склопластикові, поліетиленові) набув широкого поширення досвід використання поліетиленових листів з анкерними ребрами, або профільованого поліетилену, призначеного для захисту залізобетонних будівельних конструкцій. Незважаючи на позитивні властивості цього матеріалу, що забезпечує надійний та довговічний захист, а також його технологічність та зручність використання, він має істотний недолік високої вартості.

Збільшення обсягів побутових та виробничих полімерних відходів створює можливість їх вторинного використання, а суттєве зниження вартості виробів із вторинних полімерних композитних матеріалів у порівнянні з виробами із сировини первинного циклу забезпечує їх конкурентоспроможність.

Враховуючи сучасні технологічні можливості вторинної переробки полімерів та виробництво виробів із вторинних композитних матеріалів [5; 6], пропонується спосіб відновлення каналізаційних тунелів, основними особливостями якого є:

- Використання вторинної полімерної сировини для виготовлення виробів;
- збірність конструкції захисного покриття з окремих елементів, що з'єднуються за рахунок кромки із «замковими» стиками (рис. 1)

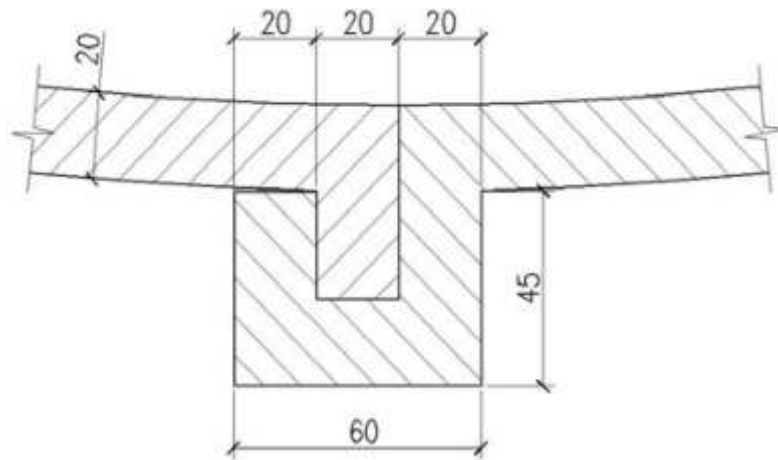


Рисунок – 1 Замкове з'єднання елементів за довжиною

Технологічний цикл виконання робіт із відновлення тунелів складається з наступних основних етапів:

- 1) очищення та підготовка внутрішніх поверхонь конструкцій обробки тунелю (рис. 2 а);
- 2) встановлення армування міжтрубного простору за необхідності посилення (рис. 2 б);
- 3) монтаж елементів облицювального покриття із вторинних полімерних композитних матеріалів (рис. 2 в);
- 4) наповнення міжтрубного простору методом ін'єктування (рис. 2 г).

Пропонований метод відновлення має ряд переваг:

- не потрібні значні розміри шахт для подачі елементів у стовбур колектора;
- технологічність, точність та простота монтажу, що забезпечується за рахунок точності виготовлення елементів у заводських умовах;
- довговічність, що обумовлюється товщиною полімерного покриття, що утворюється (порядку 20 мм) і стійкістю матеріалу до впливів характерної для систем каналізації агресивного середовища.

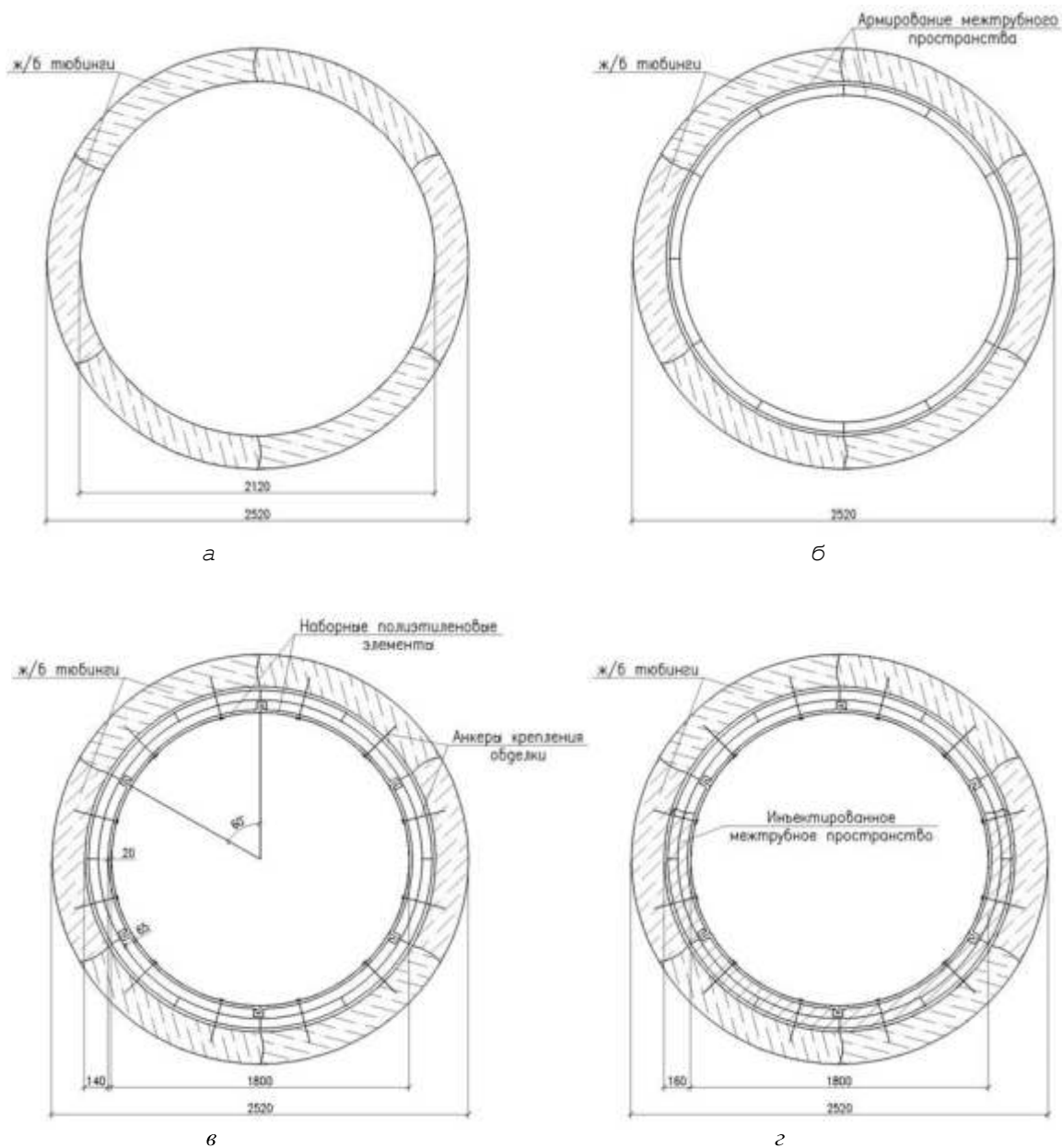


Рисунок – 2 Етапи відновлення каналізаційного тунелю з використанням елементів із вторинних полімерних композитних матеріалів:

а – очищення та підготовка внутрішньої поверхні (I етап); б - установка армування міжтрубного простору (II етап); в – встановлення композитних елементів облицювального покриття (III етап); г – бетонування міжтрубного простору методом ін'єктування (IV етап)

Висновки. Пропонований спосіб відновлення каналізаційних тунелів із застосуванням виробів із вторинних полімерних композитних матеріалів відповідає необхідним вимогам і має широкі можливості застосування, завдяки чому є конкурентоспроможною альтернативою наявним способам та забезпечує можливість економічно ефективного

вирішення проблеми відновлення надійності мереж каналізаційних колекторів великих міст.

ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Абрамович И. А. Сети и сооружения водоотведения: расчет, проектирование, эксплуатация / И. А. Абрамович. Харьков : Глобус, 2005. 288 с.
2. Гончаренко Д. Ф. Эксплуатация, ремонт и восстановление сетей водоотведения: монография / Д. Ф. Гончаренко. Харьков : Консум, 2008. 400 с.
3. Технологія відновлення трубопроводу водовідведення відкритим способом у місті Харкові / В. І. Шматченко, В. С. Шмуклер, Д. Ф. Гончаренко, А. О. Добряєв // Будівництво України. 2006. № 5. С. 15–19.
4. Эффективный метод ремонта и восстановления канализационных тоннелей / Д. Ф. Гончаренко, О. В. Старкова, Д. А. Бондаренко, А. А. Гармаш // Промислове будівництво і інженерні споруди. 2016. № 3. С. 33–36.
5. Горох Н. П. Защита конструкций систем водоотведения полимерными материалами / Горох Н. П., Коринько И. В., Коваленко А. В. // Экология и здоровье человека. Охрана водного и воздушного бассейнов. Утилизация отходов : VIII междунар. науч.-техн. конф. : тр. конф. (12–16 июня 2000 г., г. Щелкино, АР Крым) / Нац. акад. наук Украины, М-во экологич. безопасности Украины, Гос. центр санэпиднадзора Украины [и др.]. Харьков, 2000. Т. 2. С. 404–407.
6. Процессы и аппараты регенерации и переработки полимерных отходов / Горох Н. П., Панов В. В., Булгаков В. В. Коринько В. И., Волков В. Н., Сторожук Ю. В., Хайло Я. Н., Гордеев А. Л. – Харьков, 2016. 327 с.
7. Забелин С. А. Технология ремонта трубопроводов водоотведения с использованием стеклопластиковых труб / С. А. Забелин // Комунальне господарство міст : наук.-техн. зб. – Київ : Техніка, 2012. Вип. 105. С. 272–278.
8. Fisher W. Abwasserrohre im Vergleich : Unterschiede von Rohren aus gefülltem und ungefülltem Polypropylen in Prüfung und Anwendung / Fisher W. // KA: Korrespondenz Abwasser, Abfall. 2013. g. 60, № 9. P. 765–772. Available at: <http://www.dwa.de/dwa/sitemapping.nsf/literaturvorschau?openform&bestandsnr=56483>.
9. On renovation of the destroyed tunnel sewer collector in Kharkiv / Garmash A., Bondarenko D., Zubko G., Goncharenko D. // World Journal of Engineering. 2016. Vol. 13, iss. 1. P. 72–76.
10. Schmidt U. Massnahmen gegen Geruch und Korrosion im Mindener Kanalnetz umgesetzt / Schmidt U., Bohatsch A. // KA: Korrespondenz Abwasser, Abfall. 2014. Jg. 61, № 4. P. 291–298.
11. Stein D. Trenchless Technology for Installation of Cables and Pipelines/ Stein D. – 1st edition. – Germany : Stein & Partner GmbH, 2005. 766 p.