

УДК 691.88

[https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11\(42\).2.256-259](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11(42).2.256-259)

І. О. Скриннік, доц., канд. техн. наук, **М. О. Федотова**, канд. техн. наук,
В. В. Дарієнко, доц., канд. техн. наук, **В. В. Яцун**, проф., канд. техн. наук
Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький Україна
e-mail: Skrynnik_2002@ukr.net

Застосування палевого кріплення ґрунтів при виконанні технології земляних робіт в незв'язних та сипучих ґрунтах

В умовах війни освоєння підземного простору у зв'язку з будівництвом укриттів і не лише справедливо можна вважати одним із найважливіших і динамічних напрямків у будівництві як України так і в цілому світі. В даній статті проведений аналіз існуючих способів для кріплення котлованів та траншей щоб не відбулось обвалення. Описаний новий метод і технологію протизсувного кріплення, які дозволяють тимчасово (на час виконання земляних робіт) стримувати земляні стінки вертикальні траншеї та котлованів не малої глибини до 4 м від обвалу. Запропоновані рішення дуже актуальні в умовах щільної забудови, коли немає можливості влаштувати відкоси. Розглянута технологія є простою, дозволяє зменшити трудомісткість робіт в порівнянні з іншими методами та знижує їхню вартість. **стійкий масив, палеве кріплення, стрічкове кріплення, вертикальні стінки, земляні виїмки, стрижень, шипи, площина зсуву, геометричний центр**

Постановка проблеми. В сьогоденнішому будівництві простір який має підземне розташування використовують не тільки для комунікацій інженерних та об'єктів транспортних, але також використовується для будівництва громадських приміщень, багатопверхових гаражів які знаходяться під землею, торгових центрів [2,3]. Враховуючи потреби будівельної галузі, була вирішено задачу та розроблене рішення палевого кріплення стінок земляних споруд. Основні вимоги до кріплення: мінімальна трудомісткість; помірна вартість комплектуючих; висока технологічність; можливість використання для тимчасового утримання стін земляних споруд глибиною до 4 м у більшості видів ґрунтів. Особлива актуальність цієї технології проявляється у щільній забудові, де неможливо влаштувати відкоси [1,3]. Зокрема, необхідно враховувати складні геологічні умови, можливість підтоплення, високі вимоги до безпеки та екологічні аспекти будівництва. Використання сучасних матеріалів, технологій та методів проектування дозволяє не лише ефективно використовувати підземний простір, а й забезпечувати довговічність та безпеку споруд.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У сучасному будівництві при виконанні земляних робіт часто стінки самого котлована або траншеї мають вертикальну складову. До загальновідомих методів, що застосовуються для цього, належать: технологія "стіна в ґрунті" [1]; інші методи, що передбачають зведення огорожуючих конструкцій із подальшою розробкою ґрунту. Ці технології є складними, трудомісткими та дорогавартісними, тому їх застосовують лише за необхідності. Більш поширеними способами кріплення земляних виїмок з вертикальними стінками є: шпунтове кріплення; анкерне кріплення; розпірне кріплення; підкосне кріплення для котлованів [2]. Проте ці конструкції часто є або трудомісткими у виконанні, або дорогавартісними у комплектності, або створюють перешкоди для робіт у котлованах і траншеях [1]. Розвиток підземного будівництва є ключовим елементом модернізації міської інфраструктури та підвищення стійкості міст до сучасних викликів, зокрема урбанізації, екологічних змін і безпекових загроз [2]. Застосування сучасних методів геотехнічного моделювання, використання високоякісних будівельних матеріалів та впровадження ефективних систем водовідведення й гідроізоляції є ключовими факторами

забезпечення довговічності та безпеки підземних споруд [4]. Особливу увагу необхідно приділяти питанням безпеки на етапах самого будівництва та експлуатації таких об'єктів, оскільки це зазнає впливу природних і техногенних факторів, зокрема рівня ґрунтових вод, деформаційних процесів у ґрунтах та сейсмічної активності [3]. Важливим аспектом є також створення оптимальних умов для перебування людей у підземних приміщеннях, що включає раціональну організацію систем вентиляції, освітлення та аварійної евакуації. Цій технології присвячені праці Теличко В.І.[1], присвячені роботи Самедов А.М [6], Савйовський В.В [2].

Постановка завдання. Метою даної роботи є використання в ґрунтах при земляних роботах пристрій анкерного кріплення який складається з:

1. Арматурного стержня (\varnothing 12–24 мм) – довжина підбирається відповідно до глибини котловану.

2. "Пального" гарпуна із шипами – для надійного закріплення у ґрунті.

3. Стрічкового огороження (дошки шириною 160–200 мм, товщиною 35–50 мм).

4. Пружинного конусного затискача – для фіксації дошки.

Ця система дозволяє ефективно утримувати вертикальні стінки виїмок без значного ускладнення будівельного процесу.

Виклад основного матеріалу. Підземні споруди можуть забезпечити додатковий простір для транспортної інфраструктури, комерційних і громадських об'єктів, сховищ, паркінгів та інженерних комунікацій. Використання підземного простору допомагає зменшити навантаження на наземну інфраструктуру, скоротити затори та знизити рівень забруднення повітря. Крім того, сучасні технології дозволяють зводити підземні об'єкти з високим рівнем енергоефективності та мінімальним впливом на довкілля. Наприклад, використання геотермальної енергії, інтеграція систем рекуперації тепла та природного освітлення сприяють створенню комфортного та економічно доцільного середовища. Таким чином, активне освоєння підземного простору є важливим напрямом розвитку міст, що дозволяє ефективно використовувати території, покращувати екологічну ситуацію та забезпечувати сталий розвиток урбанізованих територій.

В будівництві використовують наступні види анкерів: свердлильні анкери – встановлюються в попередньо пробурені свердловини, після чого закріплюються цементним або іншим розчином; гвинтові анкери – загвинчуються в ґрунт без попереднього буріння, що дозволяє швидко їх монтувати; ін'єкційні анкери – закріплюються за допомогою введення спеціальних розчинів під тиском, що підвищує їхню несучу здатність; механічні анкери – фіксуються за рахунок розширення або розклинювання в ґрунті. Вибір конкретного типу анкерів залежить від характеристик ґрунту, навантаження, що передається на кріплення, та умов будівництва. Використання комбінованих утримуючих систем особливо доцільне при значній глибині котловану або при складних геологічних умовах, коли традиційні методи кріплення можуть бути недостатньо ефективними. У таких випадках анкерні системи забезпечують надійне закріплення конструкції, а розпірні елементи допомагають контролювати горизонтальні переміщення та зменшують навантаження на анкери. Вибір конкретного поєднання анкерів, розпірних систем і підкосів залежить від багатьох факторів, таких як тип ґрунту, рівень ґрунтових вод, розміри та форма котловану, а також особливості конструкції, яка зводиться. Розроблене анкерне кріплення для тимчасової стабілізації вертикальних стін котлованів: є простим у виготовленні та монтажі; знижує трудомісткість робіт; зменшує вартість порівняно з традиційними методами; є ефективним рішенням для щільної міської забудови. Подальші дослідження можуть бути спрямовані на розробку детальної інженерної методики розрахунку надійності цього виду анкерного кріплення. Технологія встановлення кріплення цим пристроєм реалізується наступним чином (рис.1): арматурний стержень (1) з'єднується різьбовим з'єднанням (6) з "пальовим" гарпуном

(2) та занурюється за межі обвалу в ґрунт. Забивка палі відбувається на рівні центру геометричного (Гц) (рисунок 2) самого ґрунтового обвалу під кутом приблизно 90° ($\pm 15^\circ$). Необхідно контролювати, щоб забивка палі (2) сприяла мікроармуванню напруги (7) поряд існуючої (за наявності) будівлі (8). На вільний виступаючий кінець стержня арматурного (1) надягається огороження стрічкове (4), яке міцно притискається до ґрунтової маси та фіксується конусним затискачем (5). У такому стані палеве кріплення стримує обвалення ґрунту і запобігає руйнуванню відмовки (9) вже будівлі існуючої (8).

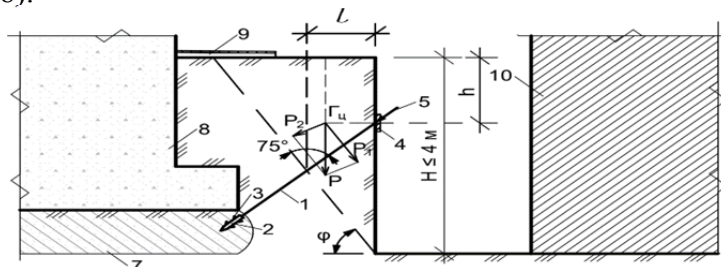


Рисунок 1 – Пальове розкріплення ґрунту під кутом 70°

Джерело: розроблене авторами

В центральній частині перерізу ґрунту обвалення знаходиться зусилля (рисунок 1-2), яке розкладається на зсувне зусилля. Занурення палі на рівні ґрунтового центру (Гц) перерізу зсувного масиву є найефективнішим способом збільшення прижимного зусилля P_2P та P_2 , що допомагає утримати масив від сповзання та протидіяти зсувному зусиллю P_1P і P_1 .

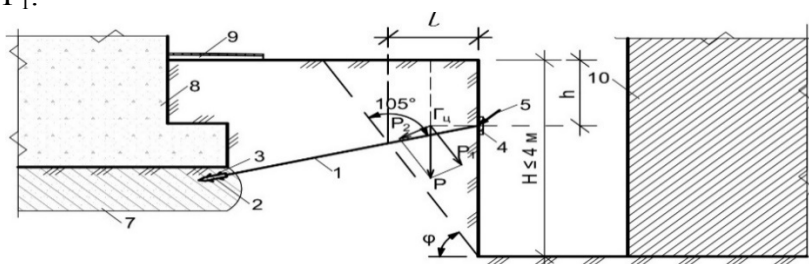


Рисунок 2 – Пальове розкріплення ґрунту під кутом 100°

Джерело: розроблене авторами

Якщо анкер забивається під кутом близько 90° до площини зсуву, він працює за своєю основною функцією. Проте забивка під кутом менше 75° фактично змінює принцип його роботи, наближаючи його до шпунтового огороження (консольної системи), що потребує значно більшої щільності розміщення анкерів. Це, своєю чергою, призводить до зростання витрат та трудомісткості робіт. Забивка палі під кутом понад 100° майже унеможливує демонтаж кріплення (1).



Рисунок 3 – Пальовий гарпун

Джерело: розроблене авторами

Крім того, ґрунтовий масив новобудованої споруди (10) ускладнює демонтаж стрижня 1 (рисунок 2). «Пальовий» гарпун (2) має шипи (3), виконані за принципом рибальського гачка. Вони розміщені на поверхні та розміщуються по колу в два ряди з

пемним кроком в 45° (рисунок 3). Така конструкція забезпечує легке забивання анкера та надійне зачеплення у стійкому ґрунтовому масиві.

Після завершення робіт у підземній частині будівлі (10) інвентарна частина пального кріплення демонтується. Знімаються зажими (5), огороження стрічкове (4), а також стрижні (1) викручуються з різьбою (6) і готуються для наступного застосування. Гарпун (2) із шипами (3) залишається у ґрунті як елемент разового використання. Це є надзвичайно важливим аспектом у конструкції системи.

Висновки. Встановлено, що з розвитком висотного будівництва в даний час, сучасні багатоповерхові будинки повинні мати достатню кількість поверхів підземних для розташування інженерних мереж, паркінгів, підземних сховищ і укрить. Використання сучасних технологій і обладнання дають проєктувальникам та робітникам будівельникам вибір доступних методів зведення підземних споруд. Визначено, що запропонована технологія та пристрій протизсувного анкерного кріплення забезпечують тимчасову стійкість вертикальних стін ґрунтових споруд глибиною до 4 м під час будівництва споруди підземної частини. Це особливо важливо в умовах щільної забудови. Викладені принципи розрахунку сприятимуть подальшій розробці простої та доступної методики оцінки надійності такого кріплення. Доведено, що конструкція і технологія відзначаються простотою у виконанні та, порівняно з традиційними методами [2], дають змогу зменшити трудомісткість робіт до 28% і скоротити витрати на 12%.

Список літератури

1. Теличенко В. І., Терентьев О. М., Лapidус А. А. Технологія зведення будівель і споруд: навч. посіб. Вид. 2-ге переробл. і допов. Київ, 2004. 357 с.
2. Савйовський В. В. Будівельно-монтажні роботи в умовах реконструкції: навч. посіб. Київ, 1994. 258 с.
3. Самедов А.М. Розрахунок та проєктування підземних споруд мілкого закладання. Київ: НТУУ КПІ, 2013, 852 с.
4. Sidney L. Project management in construction. New York : McGraw- Hill, 2006. P. 402.

References

1. Telychenko V. I., Terentiev O. M., Lapidus A. A. (2004). *Tekhnolohiia zvedennia budivel i sporud: Pidruchnyk dlia budivelnykh*. Kyiv [in Ukrainian].
2. Saviovskyi V. V. (1994). *Budivelno-montazhni roboty v umovakh rekonstruktsii: Navchalnyi posibnyk*. Kyiv: ISDO [in Ukrainian].
3. Samedov A.M. (2013). *Rozrakhunok ta proiektuvannia heotekhnichnykh inzhenernykh sporud*. Kyiv: NTUU KPI [in Ukrainian].
4. Sidney, L. (2006). *Project management in construction*. New York: McGraw-Hill.

Ivan Skrynnik, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Marianna Fedotova**, PhD tech. sci.,
Victor Darienko, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Volodymyr Yatsun**, Profes., PhD tech. sci.
Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, Ukraine

Application of Soil Anchoring when Performing Earthworks Technology in Loose and Loose Soils

In today's conditions, the development of underground space can rightly be considered one of the most important and dynamic areas in civil and industrial construction at the global level. The article analyzes existing methods of fastening the walls of trenches and pits.

A new device and technology for anti-sliding anchor fastening are proposed, which allow temporarily (for the period of construction of the underground part of the building) to hold vertical walls of pits and trenches up to 4 m deep from sliding. The proposed solutions are especially relevant in conditions of dense development, when it is not possible to arrange slopes. In Ukraine, underground construction is gaining special importance in connection with Russia's aggressive war. Underground and buried structures are being built most actively in large cities and megacities. The main reasons for the need to use underground space in cities include the lack of free areas within the historically formed development and the requirements for the development of urban infrastructure.

The proposed technology is technologically simple, allows reducing labor intensity of the work compared to traditional methods and reduce their cost. The southern zone of Ukraine is one of the most developed territories, is actively being built up and developed. A significant part of the soil massifs of these territories is prone to landslides, which requires the use of anti-slip structures. However, such measures significantly increase construction costs, affecting the payback period of the facilities.

stable massif, anchor fastening, strip fastening, vertical walls, dense construction, earthworks, labor intensity, rod, spikes, shear plane, geometric center

Одержано (Received) 14.04.2025

Прорецензовано (Reviewed) 30.04.2025

Прийнято до друку (Approved) 06.05.2025